

Lukáš Mikl

2018

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

Lukáš Mikl

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Mikl**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Racionalizace výroby vodního stavidla**
Rationalization of Water Sluices Production
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu výroby vodních stavidel.
2. Návrh nové výroby vybraných součástí vodních stavidel se zaměřením na obráběcí operace.
3. Technicko-ekonomické srovnání a závěry pro realizaci v praxi.

Seznam doporučené odborné literatury:

SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010, 138 s., ISBN 978-80-248-2278-4.
BRYCHTA J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů. 2007. Ediční středisko VŠB – TUO, 251 s. ISBN 978-80-248-1505-3.
AB SANDVIK COROMANT - SANDIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Překl. M. Kudela. 1. vyd. Praha : Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
BRYCHTA, J.; CZÁN, A.; ČEP, R.; KRATOCHVÍL, J.; PETRŮ, J.; SADÍLEK, M.; STANČEKOVÁ, D.; ZLÁMAL, T. *Progresivní technologie v obrábění a NC programování obráběcích strojů*. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Žilinská Univerzita v Žilině, 173 s., 2014, ISBN 978-80-248-3522-8.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Racionalizace výroby vodního stavidla

Rationalization of water Sluices Production

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V práci jsem použil interní údaje o technických parametrech vodního stavidla a jejich příslušenství od firmy Fornax spol. s r. o., Strážnice, firma s jejich zveřejněním souhlasí.

.....

V Ostravě dne 20. dubna 2018.

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́домі́, же Выска́я школа́ ба́ньска́ – Техни́ка́я универси́та Остра́ва (дále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- буде-ли по́žadова́но, же́н вы́тиск та́то́й бакала́рскэ пра́це буде́ уложе́н у ве́дуща́го пра́це,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́домі́, же - по́сле за́кона ч. 111/1998 Сб., о́ высо́ких шко́лах а о́ зме́не а до́полне́ні да́льших за́конов (за́кон о́ высо́ких шко́лах), ве́ зне́ні по́здє́jších пре́дпису́ - же́ та́то дипло́мова́ пра́це буде́ пре́д обха́йбэ зве́рє́жна на пра́цови́щі ве́дуща́го пра́це, а́ ве́ е́лектроні́cke по́добє́ уложе́на а́ по́ обха́йбэ зве́рє́жна ве́ У́стředні́ кни́говне́ VŠB-TUO, а́ то́ бе́з о́hledу́ на́ вы́sledек же́й обха́йбэ.

V Ostravě dne 20. dubna 2018.



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Adresa trvalého pobytu autora práce: Boršice u Blatnice 329

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MIKL, L. *Racionalizace výroby vodního stavidla: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2018. Vedoucí práce: Sadílek, M.

Předmětem bakalářské práce je racionalizace a návrh nové výroby součásti šnekového zvedacího stojánu se zaměřením na válcový šnek v konkrétních výrobních podmínkách dané společnosti, kdy po celkové analýze s výrobcem, vyplynul požadavek na samotný válcový šnek. První část práce se věnuje stručnému představení společnosti a popisu nabízených služeb. Druhá část práce se věnuje teoretickému rozboru problematiky šneků. Jsou zde stručně popsány pouze typy šneků, které se nejčastěji vyskytují v praxi. Další část práce je věnována analýze současné výroby včetně používaných nástrojů přípravků a materiálu. Závěr práce je věnován kompletnímu návrhu nové výroby válcového šneku včetně speciálních upravených nástrojů, nové výkresové dokumentaci a novému technologickému postupu.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Mikl, L. *Rationalization of Water Sluices Production: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of machining, Assembly and Engineering Metrology, 2018. Thesis head: Sadílek, M.

The subject of the bachelor thesis is the rationalization and design of the new production of a component of the screw lifting stand with focus on the cylindrical screw in the specific production conditions of the given company, when after the overall analysis with the producer, the demand for the cylindrical screw was revealed. The first part deals with a brief presentation of the company and a description of the services offered. The second part deals with theoretical analysis of screw problems. There are briefly described only the types of screws that are most commonly found in practice. Another part of the thesis is devoted to the analysis of current production, including used tools of materials and preparations. The conclusion of the thesis is devoted to the complete design of new cylindrical screw production including specially modified tools, new drawing documentation and new technological process.

Obsah

ÚVOD.....	9
1 SPOLEČNOST FORNAX, SPOL. S R.O.	10
1.1 Historie.....	10
1.2 Zaměření výroby	11
1.3 Strojní vybavení společnosti	12
2 TEORIE ŠNEKOVÉHO SOUKOLÍ.....	14
2.1 Geometrie šnekového soukolí	15
2.2 Geometrie profilu šneku.....	15
2.3 Materiály šnekových soukolí	17
2.4 Konstrukce šneků, šnekových kol.....	19
2.5 Druhy šnekových převodovek.....	20
3 ANALÝZA STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY	21
3.1 Popis válcového šneku V – 245	21
3.2 Konstrukční popis šneku V - 245.....	21
3.3 Popis sestavy zvedacího mechanismu.....	23
3.4 Popis upínacího přípravku pro výrobu šnekového profilu závitu	24
3.5 Popis stávajících nástrojů používaných pro výrobu šnekového profilu závitu	26
3.6 Popis současné technologie výroby šneku	27
4 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY	30
4.1 Výkresová dokumentace	30
4.2 Návrh nástrojů pro novou technologii výrobu závitového profilu.....	31
4.3 Technologický postup	35
4.4 Stávající technologický postup	36
4.5 Navrhovaný technologický postup.....	44
5 ZÁVĚR.....	56
6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
7 SEZNAM PŘÍLOH	58

ÚVOD

Český strojírenský průmysl má v Evropě ale i ve světě velmi slušné jméno a je velice dobře znám svojí dlouholetou tradicí. Budování kvalitního jména českých výrobců je postaveno na zkušenostech a hlavních proporcích, kterými jsou požadovaná jakost, vysoká přesnost technologická náročnost a odpovídající cena samotného produktu. Ve strojírenské technologii stále je a bude nejdůležitější operací při výrobě velmi přesných a složitých součástí a strojních komponentů třískové obrábění, ať už konvenční nebo CNC. Tyto metody umožňují především technologům obrábět součásti s vysokými stupni tolerancí řádově v mikrometrech.

Dlouhá historie a dobré jméno jsou charakteristické i pro společnost Fornax spol. s r.o., která při obrábění výrobků klade důraz na všechny výše zmiňované aspekty. Historie této firmy sahá do 90. let minulého století. Strojní obrábění součástí, vodních stavidel a tvárnic pro lisování dle specifických požadavků zákazníka je jednou z hlavních předností společnosti.

Již několik let je důležitým partnerem výrobního podniku Fornax spol. s r.o. domácí výrobce Let Aircraft Industries a.s. Kunovice, která je největším českým výrobcem dopravních letounů. Letouny této společnosti mají široké využití v dopravě osob, nákladu a materiálů po celém světě. Letouny domácího výrobce disponují svou použitelností v extrémních výkyvech počasí. Lze je bez problémů provozovat za velmi nízkých, avšak i vysokých teplot. Dopravní letoun vyniká svou vzletovou plochou, která je velmi malá.

Ve své práci se dále budu zaměřovat na racionalizaci výroby válcového šneku, které se používají především pro své konstrukční výhody, kterými jsou vysoký převodový poměr, velká zatížitelnost či plynulý a tichý chod sestavy celého převodu. Práce je zaměřena na samotný výrobní proces šnekového hřídele. Kvůli rostoucí poptávce po šnekových převodovkách, které jsou součástí zvedacích mechanismů stavidlových uzávěrů se tento komponent stává pro firmu Fornax Strážnice čím dál více významnější.

Obsah této práce pojednává o optimalizaci výroby válcového šneku v konkrétních firemních podmínkách. Racionalizace výroby je pak na žádost firmy řešena jen v určitých oblastech s daným cílem vytvořit nové varianty výrobní technologie válcového šneku na CNC strojích

1 SPOLEČNOST FORNAX, SPOL. S R.O.

Bakalářský projekt je zpracováván ve výrobním podniku:

Fornax, spol. s r.o., Veselská ulice, 1354, 696 62 Strážnice, Česká republika,

IČO: 47907479

DIČ: CZ47907479

První kapitola bakalářské práce je zaměřena na stručné představení domácí společnosti Fornax spol. s r.o., konkrétněji v závodu ve Strážnici ul. Veselská 1354. (obr. 1.1), ve kterém probíhá výroba komponentů potřebných do šnekové převodovky, která dále slouží jako zvedací mechanismus vodních stavidel a uzávěrů.

Bude zde stručně zmíněna historie firmy, specifikace výroby a současné strojové vybavení.



Obr. 1.1 Fornax spol. s r.o.

1.1 Historie

Založení výrobní společnosti se datuje na počátek roku 1993 se sídlem v Moravském Písku. V roce 2002 byl z důvodu nedostatků výrobních kapacit a prostorů celý závod přestěhován do Strážnice na Hodonínsku, kde sídlí dodnes. V počátcích se firma specializovala pouze a jen na lisování technické pryže na klasických etážových lisech. Ovšem lisovací nástroje a tvárnice byly v té době nakupovány nebo pronajímány, což se později ukázalo jako velmi neekonomické. Po roce 1995 dochází k další vývojové etapě, kdy byla gumárna vybavena vlastní nástrojárnou, která byla osazena jen konvenčními obráběcími stroji a mechanickou dílnou. Později byla tato nástrojárna rozšířena o vlastní tlakovzdušnou tryskací komoru a modernizovanou obrobnu.

1.2 Zaměření výroby

Výrobní aktivity společnosti pokrývají více oblastí, od gumárenského průmyslu, přes strojní výrobu až po výrobu sportovních potřeb pro se zaměřením pro letecký průmysl.

Společnost Fornax spol. s r.o. je dále rozdělena na 5 provozoven:

- Kovovýroba, tryskání kovů, výroba lisovacích tvárnic
- Zvedací mechanismy a kanálová šoupátka, zpětné klapky, ruční stavítka
- Výroba technické pryže, pogumování válců, mořících van
- Gumové výrobky, gumokovové silentbloky pěnové výlisky
- Výroba sportovních potřeb, batohy, krosny, zakázkové šití

Výrobní sortiment společnosti se sestává od prototypové výroby, kusové výroby až po malosériovou a sériovou zákaznickou výrobu, jejíž rozsah je definován a omezen dostupným strojním parkem. Společnost má k dispozici potřebná předvýrobní oddělení, konstrukční úsek, technická a technologická pracoviště a zejména výrobní a montážní haly, které jsou vybaveny potřebnými přípravky, nástroji a stroji. Na výsledné produkci a realizaci se podílí více než 80 zaměstnanců, z toho je přibližně 15 % technickohospodářských pracovníků a 85 % dělníků.

Obchodní aktivity společnosti a většina produkce se v posledních uplynulých letech orientují na domácí zákazníky ale také na exportní trhy. Mezi nejvýznamnější zahraniční partnery společnosti patří některé evropské státy jako třeba: Německo, Rakousko a Slovensko.

Hlavní portfolio výrobků společnosti je založeno na strojírenské výrobě nejrůznějších specializovaných a prototypových součástí pro zemědělský, farmaceutický, stavební průmysl a těžařský průmysl. Výroba probíhá dle specifických požadavků zákazníka, dále dle dodané výkresové dokumentace nebo vzorového výrobku. Společnost vychází z předem stanoveného materiálu a polotovaru nebo na vlastní návrh pro zákazníka. Samotná výroba je realizována na klasických konvenčních obráběcích strojích nebo na počítačem řízených strojích.

Společnost úzce spolupracuje s výzkumným ústavem Dekra-Praha pro, který vyrábí testovací figuríny pro automobilový průmysl, které jsou nedílnou součástí při crash-testech.

Dalším nabízeným sortimentem je výroba forem a lisovacích tvárnic pro vstřikování a lisování pryžových dílců. Lisovací nástroje jsou vyráběny buď jako ‚měkké‘ nebo kalené a popuštěné. Dle počtu vyráběných kusů je posouzen prvotní materiál pro výrobu lisovacích nástrojů. V neposlední řadě firma nabízí výrobu zálisků a přidružené mechanické a zámečnické práce včetně tryskání kovů.

Dále se vybraný subjekt zaměřuje na výrobu a komplexní renovaci vodních stavidel, kalových šoupátek a zvedacích mechanismů různých rozměrů, vystavených i vysokému zatížení. Nespočet variant mechanismů podle konstrukce zatížení stavidla a specifických podmínek vodního díla. Ovládání ruční nebo elektropohonem na přání zákazníka.

V neposlední řadě společnost nabízí k zvedacím mechanismům také rámy stavidel, obslužné lávky s dřevěnými či ocelovými rošty, dubové stavidlové desky, ocelové stavidlové desky a příhradové konstrukce, případně dle přání zákazníka i jiné konstrukční řešení.

1.3 Strojní vybavení společnosti

Fornax spol. s r.o. disponuje širokou škálou výrobních zařízení, má k dispozici přes 70 strojů odlišných technologických skupin. Navíc některé stroje mohou být dále modifikovány pomocí přídavných systémů např. pro soustružení a broušení tvarových ploch na klasických konvenčních strojích. Dále společnost vlastní stroje pro dělení a spojování kovů, technické pryže a jiných technických materiálů. Zařízení pro destruktivní a nedestruktivní zkoušky kovů. Pro souhrnné uspořádání jsou dílčí nejvyužívanější stroje zobrazeny v tab. 1.3.

Tab. 1.3 Strojový park

Konvenční a CNC soustruhy	Challenger SA48/1500 (Fagor) Challenger SA55/2000 (Fagor) TOS SU 50 AT/2000 TOS SN 63/6000 TOS SV 18 RA/1250 TOS SV 18 RD/1000 TOS SV 18 RA/750 TECHNOPLEX HUNGARY EE 500/2000
Konvenční a CNC frézky	Challenger VMCA-1000 (Heidenhain) TOS FA 4V
Odvalovací frézky	TOS FO11 TOS FO6
Brusky	TOS 4UD/1500 TOS 2UD/750 ZVL BRH 20.05
Vodorovná vyvrtávačka	TOS Varnsdorf W90
Vrtačky	TOS VR4 TOS VS-32 TOS V20
Hydraulické tabulové nůžky	MG 3100/10-12
Pásová pila na kov	Pilous ARG 300
Elektro erozivní obrábění	Eurospark H 300
Svářecí agregát	Fronius TPS 320i Fronius TransPocket 150
Tryskací zařízení	Pískovací box SBC 990 Tlakovzdušná tryskací komora
Hydraulický lis	PYE 160 S Inwork P-800 Holzmann WP 100H

2 TEORIE ŠNEKOVÉHO SOUKOLÍ

Následující kapitola je věnována stručnému teoretickému rozboru šnekových soukolí a nejpoužívanějších typů šneků.

Šneková soukolí jsou zvláštním případem pravoúhlých šroubových soukolí, tvořené párem dvoučlenného mechanismu šnekového kola (věnce) a spolu zabírajícího šneku ať už válcového nebo globoidního. Zjednodušeně si lze tento převod představit jako speciální situaci šroubového soukolí s velmi malým počtem zubů neboli u šneků chodů hnacího kola většinou ($z=1,2,3$). Dále nám poskytuje přenos kroutícího momentu a rotačního pohybu obvykle mezi mimoběžnými hřídeli, které zpravidla svírají úhel os 90° . [1]

Šneková soukolí se používají pro relativně malé výkony od 0,03 do 100 až 150 kW. Byla však již vyrobena i soukolí i pro výkony až 735 kW a kroutící momenty do 250 000 N.m, kdy počet otáček dosahuje n až 500 s^{-1} a obvodové rychlosti dosahují v až 70 m.s^{-1} . Nutno podotknout že v tomto typu převodu převládá kluzný pohyb nad valivým. [z knížky]

Šneková soukolí nejen že můžou přenášet malé, střední i velké výkony ale také můžou uskutečnit velká převodová čísla. Dále se tento typ převodu vyznačuje tichým a klidným chodem se schopnostmi tlumit chvění, vibrace a rázy. Přesto že může přenášet velké výkony a kroutící momenty, vyznačuje se svými malými stavebními rozměry, nízkou hmotností a je dále konstrukčně kompaktní.

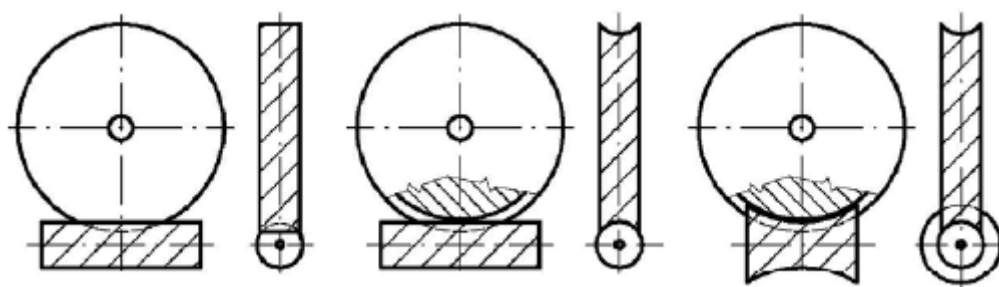
Avšak velkou nevýhodou je příliš velký skluz v ozubení, který dále vede k vyšším ztrátám třením, a to má za následek nižší účinnosti celého soukolí. V obvyklých případech se dosahuje účinnosti $\eta = 45 \div 90 \%$ [2]. Proto v současné době je snahou používat materiály z neželezných kovů jako jsou např. bronz, mosaz, které se používají především na věnce šnekových kol z důvodu nižších třecích podmínek mezi kontaktními plochami. Životnost a účinnost šnekových soukolí lze podstatně zvýšit dostatečným mazáním celého převodu např. olejovou lázní, nebo plastickými mazivy. Samotná kontrola a výroba je ve srovnání s čelními ozubenými koly dražší, náročnější a životnost vinnou vysokého tření je nižší. Opotřebení více podléhá samotné šneky než šneková kola. To je způsobeno především tím, že šnek je neustále v kontaktu se šnekovým kolem, zatímco šnekové kolo je v kontaktu se šnekem pouze jednou za otáčku. Zpravidla se tedy šneky vyrábějí z kvalitnějších materiálů než šneková kola, a to především aby se zamezilo nežádoucímu opotřebení šneku a vylamování zubů. Spolu s opotřebením úzce souvisí přesnost a kvalita výroby a montáže.

Typická oblast použití šnekových převodů je ve výkonných a velmi zatížených převodovkách zvedacích mechanismů vodních stavidel a kanálových šoupátek, míchačky, obráběcí stroje, průmyslové dopravníky a velmi rozšířená oblast použití je také v automobilovém průmyslu a čističkách odpadních vod. [2]

2.1 Geometrie šnekového soukolí

Výběr geometrie šnekového soukolí a typu šneku, který bude stručně vysvětlen v následujících podkapitolách, je závislý především na požadovaném převodovém poměru, velikosti zatížení a v neposlední řadě na počtu vyráběných kusů. Jako komponent pro finální sestavy zvedacích mechanismů vodních stavidel a kanálových šoupátek, bývá zpravidla válcový Archimedův šnek a globoidní šnekové kolo. Jedná se v běžné praxi o nejvyužívanější typ převodu.

Šnek i šnekové kolo mohou mít válcový nebo globoidní tvar. Jedná-li se o situaci, že šnek i šnekové kolo mají válcový tvar, tak tento převod nazýváme válcový. Snese nejmenší zatížení, poněvadž se jedná pouze o bodový dotyk. Je vhodné pro ruční a méně strojně namáhaná soukolí. Smíšený převod, který obsahuje globoidní šnekové kolo a válcový šnek, je v praxi nejčastější. Jedná se o typ soukolí, které nám nabízí největší poměr cena-výkon. Třetím případem, který lze použít pro největší přenášené výkony a krouťící momenty je globoidní soukolí, kdy šnek i šnekové kolo má globoidní tvar. Geometrie jednotlivých typů šnekových soukolí je znázorněna na obr. 2.1.



a) válcové soukolí b) kombinované soukolí c) globoidní soukolí

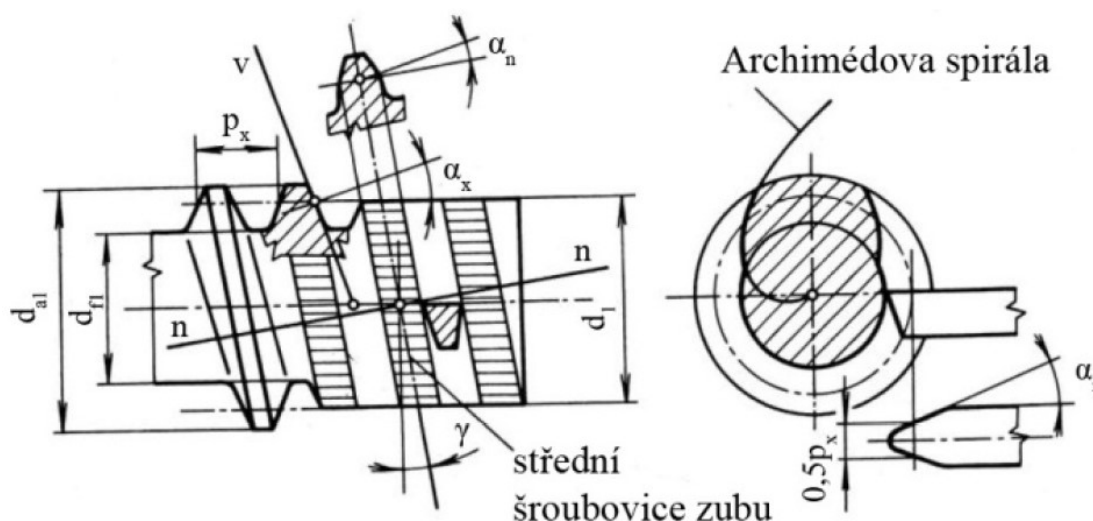
2.2 Geometrie profilu šneku

V následujících odstavcích bude stručně rozebrán zubový profil vyráběného šneku, různé metody výroby šneků a stručný popis v dnešní praxi nejvyužívanější typů šneků. Česká norma ČSN 01 4750 popisuje různé geometrie profilů a dále je řadí pod označení písmeny: A, C, I, N, K. Dále budou popsány tři nejpoužívanější typy šnekových profilů (A, I, N).

Typ A – rovnoboký osový profil

Závit boku zubového druhu A je tvořen obálkou přímky v osových rovinách, které bývají zpravidla v konstantním úhlu k ose. Tato tvořící přímka se pohybuje za současného otáčení kolem svislé osy a tvoří tak bok závitů šneku [3].

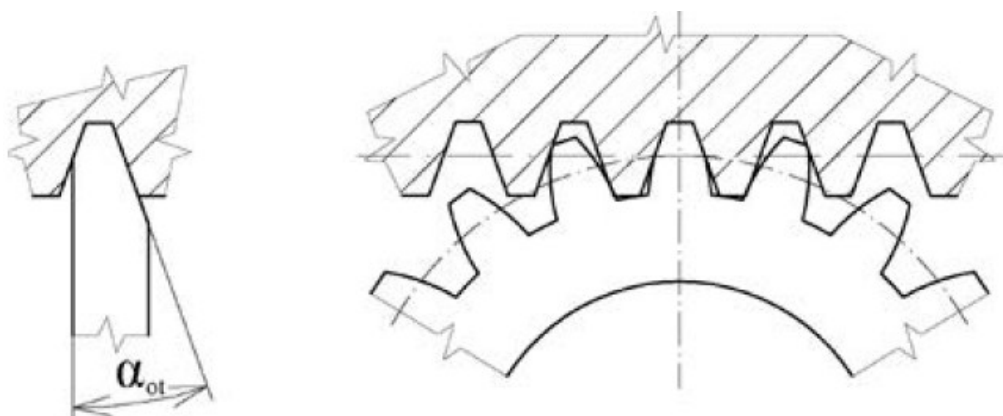
Zjednodušeně řečeno jedná se o spirální šnek s lichoběžníkovým profilem zubu v osovém řezu (obr. 2.2). V kolmém řezu je bok zubový mírně vypouklý. Tento bok zubový je tvořen Archimédovou šroubovou plochou. Většinou se používá při malých úhlech stoupání ($\gamma \leq 10^\circ$). Rovnoboký šnek může napodobovat pohybový šroub se závitem rovnobokého lichoběžníkového profilu, který se používá pro superty obráběcích strojů [2]. Archimédův šnek se používá i v situaci, kdy boky zubů nejsou nijak tepelně zpracovány, a tudíž se nemusí přebrušovat, což výraznou měrou ovlivňuje výslednou cenu produktu.



Obr. 2.2 Geometrie Archimédova šneku s rovnobokým osovým profilem [3].

Samotná výroba tohoto typu šneku bývá nejčastěji realizována metodou soustružení pomocí tvarového nástroje s přímkovým ostrím v rovině řezu nástroje, který zároveň leží v osově rovině šneku (viz. obr. 2.3). V tomto případě, tak mohou být oba boky zubového profilu šnekového závitů obráběny současně při použití jednoho lichoběžníkového nástroje [3]. Je třeba brát na zřetel hodnotu úhlu stoupání, protože při větších úhlech stoupání vznikají u tvarového nože na vedlejším ostrí rozdílné úhly řezu, a to má za následek nestejnorodé namáhání a opotřebení [2]. Jednou z možných variant při obrábění je použit evolventní obrážecí kotoučový nůž pro výrobu profilu hřebene v osově rovině šneku, kdy čelo nástroje musí ležet taktéž v této rovině. Při samotném obrábění je třeba zajistit, aby se roztečná kružnice nástroje odvalovala po roztečné přímce roztečného válce šneku [3]. Za těchto předpokladů dochází k nejmenšímu zkreslování osového profilu samotného zubu.

Plochy boku zubů šneku lze doobrobit tvarovými brousícími kotouči nebo metodou ševingován. Možnosti výroby spirálního šneku jsou čepovými, kotoučovými nebo odvalovacími frézami na univerzální a odvalovacích frézách.



Obr. 2.3 Metoda obrábění spirálního šneku [3].

Typ I – evolventní šroubová plocha

Tento typ šneku připomíná šikmozubé ozubené kolo a používá se v případě, že šnekové kolo má velký počet zubů. Výroba technologií soustružení se provádí dvěma noži, které jsou přiloženy ostřím ve směru tečny ke šroubovici na základním válci. Tvar zubu je přímkový v tečné rovině k základnímu válci. V kolmém i osovém řezu jsou boky zubů vypouklé a bok zubu šneku je tvořen evolventní šroubovou plochou.

Typ N – přímkový profil v normálové rovině

Bok zubový šneku tvoří přímka, která leží v kolmé (normálové) rovině k roztečné šroubovici a vytváří tak, obecnou evolventní plochu. Jedná se o nejčastější typ šneku, který lze použít i pro šneková kola s větším úhlem stoupání a pro šneky, které se dále tepelně zpracovávají za účelem zvýšení mechanických vlastností. V osovém řezu jsou boky zubové mírně vypouklé. Zhotovení je prováděno metodou soustružením, frézováním. Tepelně zpracované šneky se pak opracovávají na speciálních bruskách [2].

2.3 Materiály šnekových soukolí

Při volbě materiálu šnekového soukolí se musí přihlížet k určitým činitelům, které významnou měrou ovlivňují pracovní prostředí a podmínky ozubení. Např. přenášený výkon, počet otáček, převodové číslo a kluzná rychlost. Na určení správného materiálu má

v neposlední řadě vliv počet vyráběných kusů, teplota pracovního prostředí, druh hnacího a hnaného zařízení, druh zatížení (statické, míjivé, cyklické) a účinnost šnekového soukolí, které také velmi ovlivňují výběr vhodného páru materiálu šneku a šnekového kola. Ovšem jedním z nejvýznamnějších požadavků pro volbu materiálů šnekových soukolí je jejich hospodářská dostupnost.

Šneky a šnekové hřídele bývají zpravidla vyrobeny z válcovaných ocelových tyčí, výjimečně z výkovků (pouze u větších rozměrů), pro méně zatížené soukolí se volí materiál 11 600, 11 700, bez tepelného zpracování, a pro velmi namáhané soukolí se většinou volí materiál ze zušlechtěných ocelí 12 050, 12 060, 13 240, 15 131 a 15 241. Velmi často se boky zubové povrchově tepelně upravují (kalí), proto se pro tento účel vyrábí z materiálů, které jsou vhodné pro cementování. Cementační oceli jsou: 12 020, 14 220 nebo 16 220.

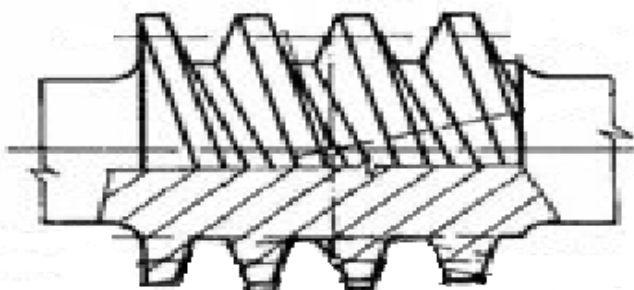
Šneková kola, která jsou méně namáhaná se většinou odlévají z šedé litiny 42 2425, kola, která jsou více zatížená se vyrábějí z tvářené uhlíkové oceli 11 600, pro nejvyšší zatížení a obvodové rychlosti se využívá kombinace dvou materiálů [4].

Tab. 2.3 Doporučené dvojice materiálů pro šneková soukolí [4]

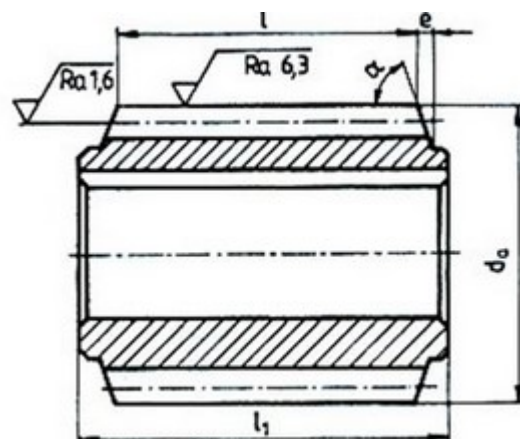
Provedení soukolí	Šnek	Šnekové kolo
Pro vysokou účinnost: $z_1 = 4$ až 6, $i_{1,2} = 6$ až 10	Ocel 14 220.4, 16 220.4, cementovaná a kalená, broušená a leštěná $R_a = 0,2$ až 0,4	Kovaný hliníkový bronz 42 3048, odstředivě litý hliníkový bronz 42 3145, 42 3148, frézovaný a hlazený v ozubení
Pro vysoké namáhání: $z_1 = 2$ až 5, $i_{1,2} = 10$ až 30	Ocel 14 220.4, cementovaná a kalená broušená, $R_a = 0,4$ až 0,8	Kovaný bronz 42 3046, přesně frézovaný odvalem
Pro přesná soukolí: $z_1 = 1$ až 2, $i_{1,2} = 30$ až 100	Ocel 12 020.4, cementovaná a kalená, broušená, nebo 13 240.6, zušlechtěná, $R_a = 0,8$	Fosforový bronz 42 3120 litý do písku, přesně frézovaný odvalem

2.4 Konstrukce šneků, šnekových kol

Šneky mohou být vyrobeny s hřídelem v celku (obr. 2.4 a), častěji však bývají zvlášť a na hřídel se nasouvají (obr. 2.4 b)

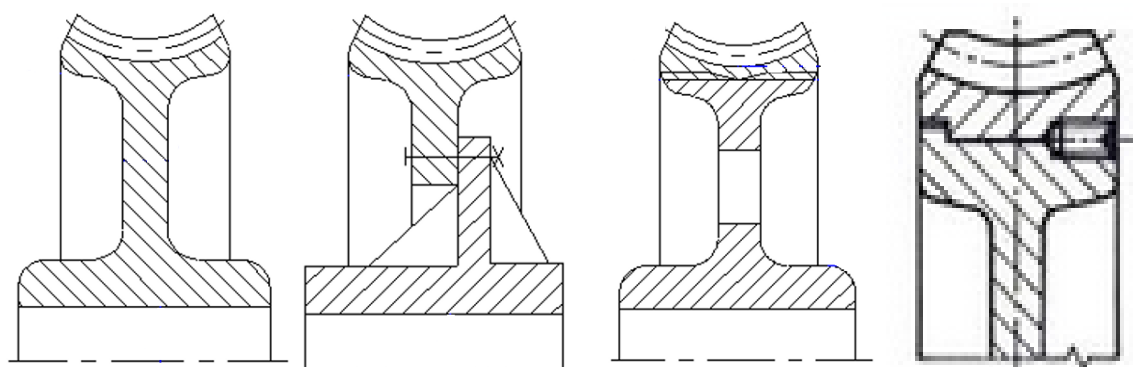


(obr. 2.4 a)



(obr. 2.4 b)

Konstrukce šnekových kol je analogická jako u čelních ozubených kol, jen ozubené věnce bývají zpravidla užší a vyduté. Ozubený věnec může být s tělesem v celku (obr. a), nebo z důvodu šetření velmi jakostních materiálů je k samotnému tělesu věnec přišroubován (obr. b). [4]. Další z možností konstrukce šnekových kol je že se ozubený věnec nalisuje na těleso kola a zajistí se stavěcím šroubem proti pootočení (obr. d). Poslední z možných variant je nalití zubové části na těleso šnekového kola (obr. c).



a)

b)

c)

d)

- a) provedení kolo v celku, věnec i rozeta z jednoho kusu, b) provedení věnec je k rozetě přišroubován, c) varianta, kdy je věnec nalitý na těleso kola, d) varianta, kdy věnec je nalisovaný k tělesu kola a zajištěný stavěcím šroubem.

Volba typu konstrukčního provedení šnekového kola závisí především na jeho velikosti, počtu vyráběných kusů, převodovém poměru a přenášenému výkonu.

V současné době v praxi používané šnekové převodovky jsou nejčastěji jednostupňové s válcovým šnekem a globoidním šnekovým kolem. Dále se rozdělují v zásadě tři druhy šnekových převodovek, a to podle polohy os hřídelů.

2.5 Druhy šnekových převodovek

1 typ: Dělicí rovina šnekové převodovky je vodorovná a prochází osou kola. Osy hřídelů jsou vodorovné, šnek je pod šnekovým kolem. Šnek se brodí v oleji, roznáší olej na zuby. Na mazání ložisek se využívá olej z rozstříku rotujícího šneku. Tento druh převodovky se používá do obvodové rychlosti 8 m.s^{-1} . Hřídel šneku je vyložena z převodové skříně, proto je nutné hřídel utěsnit příslušnými hřídelovými těsnícími kroužky.

2. typ: Dělicí rovina skříně je vodorovná a prochází osou šnekového kola. Místa styku zubů jsou mazána olejem, vynášeným šnekovým kolem brodicím v olejové lázni. Osy hřídelů jsou umístěny horizontálně, šnek je umístěn nad šnekovým kolem. V tomto druhu skříně je šnek velmi dobře přístupný, avšak dochází k horšímu mazání samotného šneku. Pokud jsou otáčky $n_2 < 0,5 \text{ s}^{-1}$, musí mít ložiska šneku i kola nezávislé mazání.

3. typ: Osa hřídele šneku je horizontální, osa hřídele kola je vertikální. Místa styku zubů jsou mazána olejem, který na sebe váže šnek brodicí se v oleji.

Pro přenos největších výkonů a zatížení (do 700 kW) se vyrábějí převodovky s globoidním šnekem a globoidním šnekovým kolem. Tento druh převodu je však nesmírně cenově náročný, neboť samotná výroba globoidních šneků je značně komplikovaná a složitá. Rovněž skříň převodovky a uložení hřídelů je spleťtější, protože musí být zaručena dostatečná tuhost skříně. Především správný záběr a poloha šneku i šnekového kola musí být seřiditelná. Kvůli velké styčné ploše a tření se tento druh převodu nadměrně zahřívá, tudíž je žádoucí řešit chlazení převodové skříně, zpravidla se to řeší značným žebrováním skříně [4].

3 ANALÝZA STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY

Pro výrobu válcového šneku, šnekového kola a zvedacího stojánku se používá technologie třískového obrábění. Jedná se o soubor metod, kdy se materiál obrobku odebírá ve formě různých třísek, což má za následek zhotovování konečné podoby výrobků. V této kapitole budou popsány konstrukční popisy válcového šneku, zvedacího mechanismu, popis upínání válcového šneku na hrotovém soustruhu a popis starých používaných nástrojů.

3.1 Popis válcového šneku V – 245

Válcový šnek typu V – 245 (obr.3.1) je jednou z hlavních částí šnekové převodovky zvedacích mechanismů, které tvoří sestavu velkých vodovodních a kanálových stavidlových uzávěrů a šoupátek.



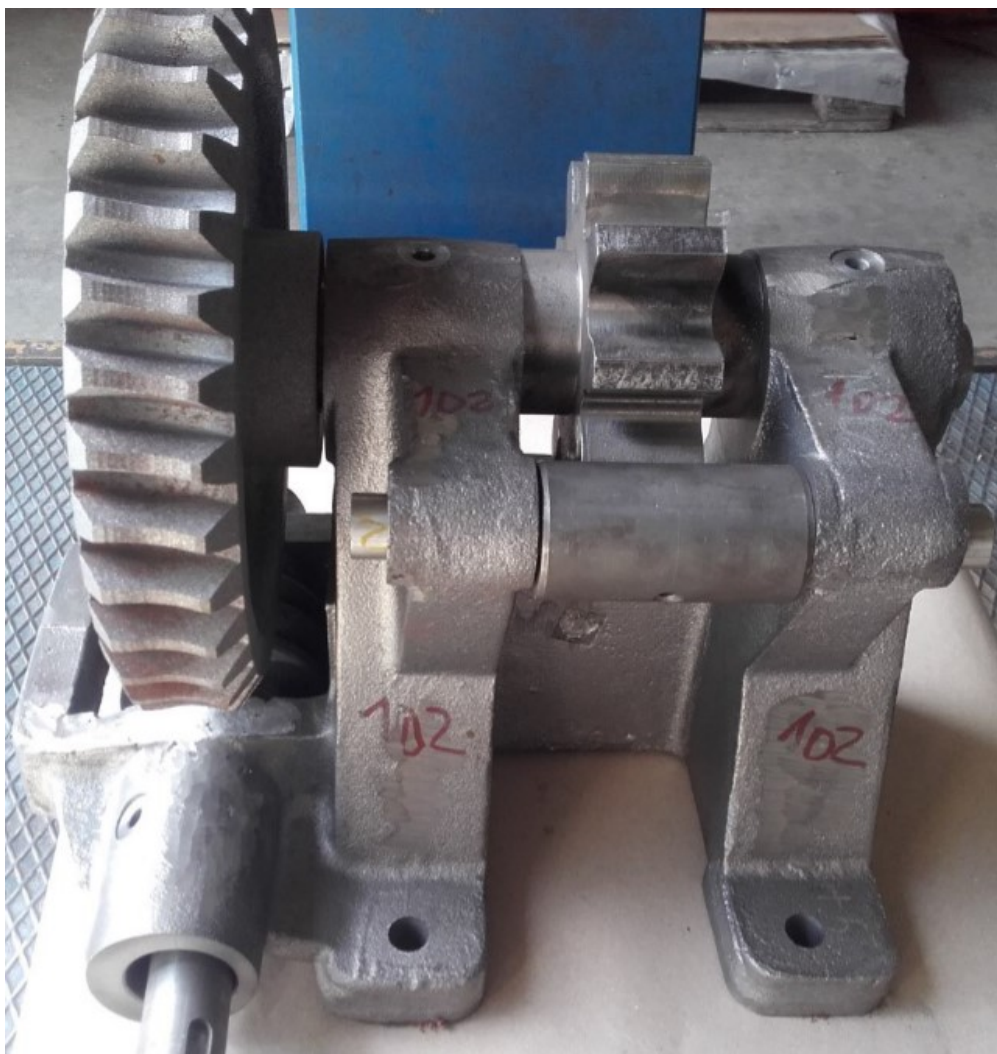
Obr. 3.1 válcový šnek V – 245

3.2 Konstrukční popis šneku V - 245

Jde o samostatně provedený oboustranně osazený válcový šnek, kdy se jednotlivé varianty válcových šneků od sebe liší různými hodnotami modulu a z toho vyplývající dalších parametrů šnekového závitu (celkový průměr, hloubka zubu, rozteč zubů a šířka zubů atd.). Několik variant velikosti šneků jsou určeny podle toho, do jaké sestavy ovládacích převodovek a zvedacích mechanismů jsou určeny. Typ a velikost zvedacího mechanismu určuje především velikost a celkové hydrostatické zatížení stavidlového uzávěru.

Válcový šnek má průběžný kalibrický otvor o průměru 35 H7 s drážkou pro pero 10 P9. Tolerovaný otvor slouží k velmi přesnému nasazení válcového šneku na hřídel, která je uložena ve dvou kluzných ložiscích. Tato hřídel určuje osovou vzdálenost šneku a šnekového kola. Drážka slouží pro přenos kroutícího momentu z hřídele na šnek a dále na šnekové kolo. Drážka pro pero je taktéž využita při výrobě profilu šnekového závitu. Kalibrický otvor slouží jako základna při samotném hrubování a dokončování profilu šnekového závitu. Válcový šnek má na obou stranách symetrické osazení, které slouží pouze a jen jako odlehčení součásti a u některých typů má také význam z nedostatku místa v litinové převodové skříni. Z jiného hlediska nemá osazení žádný funkční význam. [z hlavy]. Náběh k samotnému patnímu průměru šneku je zešíkmen z důvodu osové vzdálenosti a průměru šnekového kola pro zachování co nejmenších rozměrů, a tedy i kompaktnosti celé skříně, kde je válcový šnek uložen. [z diplomky]. Celková délka válcového šneku je dána jednak rozměry otvoru pro šnek v převodové skříni, protože samotná délka vymezuje axiální pohyb šneku po hřídeli. Nejdůležitějším a funkčním prvkem pro přenos kroutícího momentu je válcový jednochodý Archimédův šnek o velikosti $m=8$. Velký průměr šneku 104 mm je dán hodnotou velikostí modulu.

Válcové šneky se ve společnosti Fornax vyrábějí od velikosti $\text{modu}=6$ po $\text{modul}=12$ a to v různých modifikacích ať už provedení šnek v celku s hřídelem nebo samostatně provedený šnek.



Obr. 3.2 zvedací stojánek V-245

3.3 Popis sestavy zvedacího mechanismu

Šnekové převodovky (zvedací mechanismy) jsou určeny pro ovládání vodovodních stavidlových uzávěrů a kanálových šoupátek různých rozměrů vystavených i vysokému zatížení. Ty usměrňují, nebo zcela utěsňují tok vody ve větších potocích a řekách. Lze je ovládat buď manuálně pomocí ruční kliky, která je nasazena a zajištěna na čtyřhran, na konci hřídele, nebo za pomoci elektrického servopohonu. Společnost nabízí 6 možných variant zvedacích mechanismů, které se volí dle zatížení a velikosti. Stojánky zvedacích mechanismů pro běžné povětrnostní podmínky jsou vyrobeny dle dřevěných modelů z šedé litiny. Pro vyšší životnost je celá sestava s výjimkou funkčních částí otryskána v tlakovzdušné tryskací komoře. Jako tryskací médium bývá použita ostrohranná ocelová drť. Poté se nanáší několik tenkých vrstev polyuretanových barev ať už ručně štětcem nebo častěji nástřikem. Ostatní komponenty bývají vyrobeny většinou z konstrukčních ocelí. Vyjímaje samotného šneku, který společnost vyrábí z automatové oceli 11 109. Některé

typy zvedacích mechanismů a převodových skříní bývají vyrobeny z austenitických korozivzdorných ocelí ať už z důvodu vyšší životnosti nebo při použití v agresivnějším prostředí.

Konstrukčně se jedná o relativně jednoduchý převodový, zvedací stojánek, který je odlit z jednoho kusu litiny do pískové formy dle dřevěného modelu. Následně je nutné všechny základové a funkční plochy obrobit. To se většinou děje na horizontální vyvrtávačce Tos Warnsdorf. Dále se zvedací stojánek skládá ze samotného válcového šneku a šnekového kola jenž tvoří šnekové soukolí, které slouží pro přenos kroutícího momentu mimoběžných os s úhlem 90° . Vstupní hřídel je uložena ve dvou kluzných ložiscích v litinovém zvedacím stojánku. Hřídel má na jednom konci čtyřhran, pro ruční kliku nebo servopohon. Na druhém konci je drážka pro pero, na kterém je umístěn vlastní válcový šnek. Tento vstupní šnek transformuje rotační pohyb z ovládací kliky nebo servopohonu na šnekové kolo. To je nasazeno na další hřídeli, která je uložena opět ve dvou kluzných ložiscích v litinovém stojánku. Tato hřídel je osazena dvěma drážkami pro pero, kde na jednom konci je nasazeno šnekové kolo a na pravé straně je nasazeno cévové kolo. Napříč cévového kola je umístěna osa, která je uložena ve dvou místech v litinovém stojánku a na této ose je nasazena přesná trubka, jinými slovy rolna. Rolna vymezuje prostor pro pohyb cévové tyče, kterou zvedá cévové kolo. Céková tyč je pevně připevněna na vodovodní stavidlový uzávěr, nebo kalové šoupátko, kterým manipuluje a vytváří, tak přímočarý vratný pohyb a reguluje nebo plně uzavírá, tak tok kapalin.



Obr. 3.3 upínací přípravek pro výrobu šnekového profilu závitu

3.4 Popis upínacího přípravku pro výrobu šnekového profilu závitu

Aby bylo vůbec možné bezpečně vyrobít profil šnekového závitu ať už na klasických obráběcích strojích, nebo na počítačově řízených strojích je nutné zajistit dostatečný

prostor a tuhost upnutí obrobku pro výjezd nástroje z profilu závitu. Výroba je komplikovanější tím že modul o velikosti 8 má vysokou hodnotu stoupání na otáčku. Hodnota stoupání činí 25,13 mm. Proto byl navržen a vyroben speciální přípravek pro upnutí šneku do tříčelistového sklíčidla.

Jedná se o oboustranně osazenou hřídel se čtyřmi válcovými průměry, ploškami pro přesné polohování ve sklíčidlu, drážkou pro pero a závitem pro zajištění obrobku na přípravku v axiálním směru. Na pravém čele se nachází středící důlek, který slouží jako základna při výrobě hřídele. První válcový průměr zprava slouží pro upnutí přípravku ve sklíčidlu. Tento průměr je osazen třemi ploškami, které jednak slouží proti proklouznutí přípravku ve sklíčidlu při velkém hrubování. Zároveň mají další nesmírnou výhodu a tou je že zajišťují velmi přesnou polohu šneku při sejmutí ze stroje nebo přípravku a při opětovném nasazení zpět, což se využívá například při jemném doladění šneku na šnekové kolo. Druhý průměr zprava slouží pouze jako doraz celého přípravku o čelo upínacího zařízení. To nám taktéž zajišťuje pokaždé stejnou polohu přípravku v axiálním směru. Následuje třetí průměr zprava, který nám slouží jako dorazová plocha šneku, navíc má zmenšený průměr pro bezpečný výjezd nástroje z místa řezu. Čtvrtý průměr má velikost kalibrického otvoru v šneku, dále obsahuje drážku pro pero a samotné pero pro přenos krouticího momentu při obrábění. Na levém čele se nachází středící důlek, který slouží při podpírání přípravku při obrábění. Dále pak samotný závit se s maticí a podložkami pro dotažení obrobku na přípravku. Závit má ve svém čele zápich, pro správné dosednutí upínacích podložek. Materiál pro výrobu přípravku byl zvolen 14 220. Kvalitnější materiál byl navržen s ohledem na počet vyráběných kusů a zároveň aby nedocházelo k vymačkávání a nadměrnému opotřebení upínacích a dosedacích ploch.



Obr. 3.5 nástroje používané pro výrobu profilu šneku

3.5 Popis stávajících nástrojů používaných pro výrobu šnekového profilu závitu

Pro hrubování profilu šnekového závitu byl zvolen nástrojový materiál, který lze téměř libovolně upravovat dle potřeby. Největší potíží byl s požadovanou dostupností do řezu, kde hrozilo zadírávání hlavního a vedlejšího hřbetu nástroje o obrobek. Proto byl zvolen nástrojový materiál Poldi Radeco třídy 19 810 (rychlořezná ocel) ve formě zapichovacího planžetu. Z tohoto důvodu bylo nutné hrubovací nástroj upínat do dalšího nástrojového držáku kvadratického průřezu, který se následně vkládal do nástrojové hlavy. Hrubovací nástroj z materiálu 19 810 má značné výhody, jak již bylo zmíněno v téměř libovolném upravování, avšak jeho výkonnost je velmi nízká. Řezná rychlost u tohoto druhu materiálu se pohybuje do 60 m.s^{-1} a maximálně snese teplotu $600 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Tuto rychlost a teplotu lze akceptovat pouze za vydatného chlazení vodní emulzí. Ta však velmi zhoršuje a komplikuje samotný dohled na obrobek v místě řezu. Nesmírnou výhodou u tohoto typu nástrojového materiálu je velmi vysoká houževnatost. Nástroj musí být značně odlehčen a upraven a navíc vyložen, právě kvůli dostupnosti do profilu stoupání, avšak tyto nutné úpravy velice snižují, tak potřebnou celkovou tuhost nástroje. Velmi komplikovaná je renovace tohoto typu nástroje ať už při otupení nebo z důvodu nikteraké kolize. Nástroj nelze objednat jako normalizovaný, a tudíž je nutné kompletní vyostření nejčastěji z obdélníkového průřezu. To se později ukázalo jako velmi zdlouhavé, neekonomické a

neefektivní. Pro dokončování předem vyhrubovaného šnekového profilu, byl zvolen nástroj s vyměnitelnými břitovými destičkami (VBD). Samotná řezná deska i nástrojový držák byl zvolen od firmy Pramet Šumperk. Nástrojový držák je osazen zesilovací podložkou pod VBD, která zajišťuje lepší stabilitu obráběcího procesu, ovšem její hlavní úkol slouží k zamezení vymačkávání lůžka VBD. Tato zesilovací podložka je tím víc důležitá, čím je větší dostupnost nástroje do řezu. Je to způsobeno malou kontaktní plochou řezné desky s lůžkem držáku, která má za následek u tak malé plochy její kritické opotřebení. Jelikož se jedná o dokončovací nástroj s velkou dostupností do řezu jeho řezné rychlosti se pohybují v rozmezí od 120 do 235 m.s⁻¹. Hloubky záběru se pohybují od 0,4 do 8 mm a posuv na otáčku od 0,03 do 0,15 mm. Protože se jedná o dokončovací nástroj musí mít velmi malý poloměr zaoblení špičky, ovšem pro náš případ, kdy nástroj má kvůli hloubce chodu šneku velmi vysokou styčnou plochu VBD s obrobkem byl zvolen poloměr zaoblení špičky z bezpečnostních důvodů 0,4 mm. Jelikož se jedná o nástroj kvadratického průřezu 25x25 mm, je celková tuhost tohoto držáku je velmi příznivá.

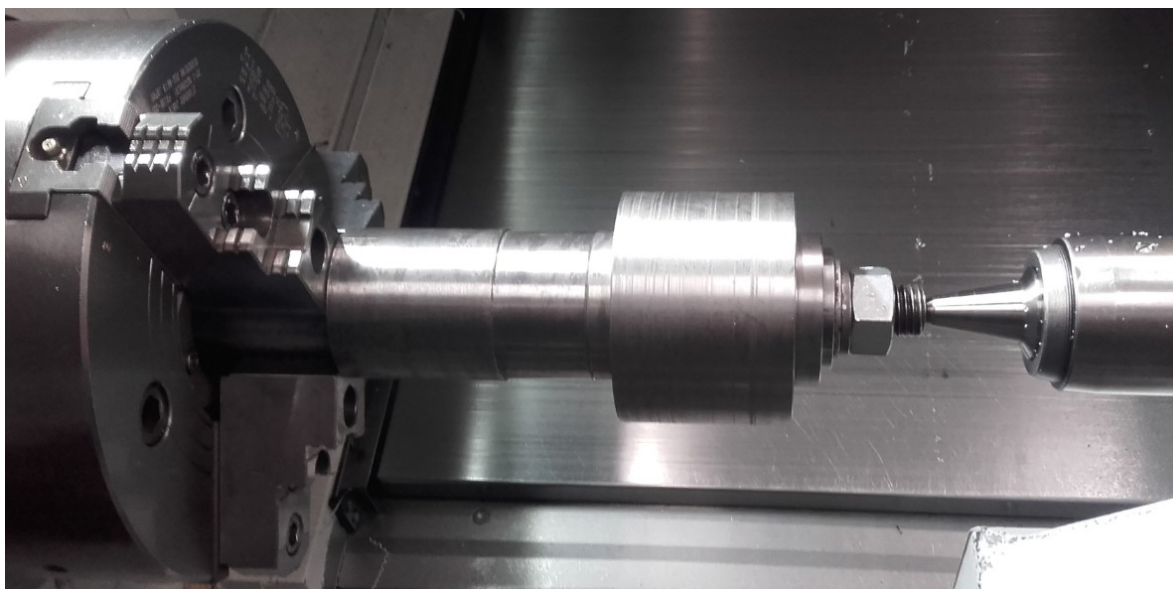
3.6 Popis současné technologie výroby šneku

Samotná příprava polotovaru pro válcový šnek je vyhovující a není ji třeba měnit, proto se dále budu zabývat jen výrobou šnekového profilu. Analýzou stávající technologie výroby šneku byly zjištěny závažné nedostatky, které dále stručně popisují a které se vyskytly v průběhu řešení a o kterých nikdo v dané výrobní společnosti neměl tušení. Proto se pokusím dále všechny nalezené nedostatky stručně shrnout a popsat.

První nalezený zásadní konstrukční nedostatek byl již v samotném materiálu válcového šneku. Společnost vyráběla šneková soukolí, tj. válcový šnek i globoidní šnekové kolo z jednoho typu materiálu a tím byla šedá litina 42 2418. Tento druh materiálu je pro globoidní šnekové kolo vyhovující, avšak pro válcový šnek je výhradně nežádoucí. Šneková soukolí se vyrábějí ze stejného materiálu pouze pokud se jedná o mále zatížení a malé moduly, cca do max. $m=4$ a pouze pro ruční pohony soukolí. Válcový šnek je v záběru se šnekovým kolem daleko více namáhán a opotřebováván než šnekové kolo, proto je potřeba, aby byl vyroben z kvalitnějšího materiálu než šnekové kolo. Z tohoto důvodu byla pro výrobu šneku navržena ocel 11 109, která podléhá daleko méně opotřebení než litina. Navíc se jedná o automatovou ocel, která je velmi dobře obrobitelná a jakost povrchu po obrobení se také pohybuje ve vysoké kvalitě.

Nejvíce problémů a špatných údajů bylo už v samotném výrobním výkresu šneku. Hloubka zubu byla vypočítána dle staré normy pro válcové šneky. Tato norma byla zrušena v 70 letech minulého století. Proto musí být hloubka přepočítána a přepracována. Dále na výkrese byla uvedena špatná hodnota rozteče 34,54 mm. Za fatální chybu ve výrobním výkrese považuji samotnou šířku zubové mezery, která byla jiná (větší) než tloušťka samotného zubu. Šířka zubové mezery byla uvedena 17,81 a šířka zubu 16,73 a to je celkově technický nesmysl. V rohovém razítku pro ozubení byla uvedena hodnota stoupání $5^{\circ} 30'$, která je mylná. Proto je nezbytně nutné výrobní výkres kompletně konstrukčně přepracovat a přepočítat včetně rohového razítka pro ozubení, kde jsou uvedeny důležité hodnoty sestavy šnekové převodovky, jako např. vzdálenost os, modul, smysl stoupání závitu, počet chodů atp.

Nyní se zaměřím na popis výroby válcového šneku na konvenčním hrotovém soustruhu SU 50 AT. Jedná se o klasický konvenční univerzální hrotový soustruh s kalenými vodorovnými loži, který je osazen digitálním odměřováním v podélné i v příčné ose a elektromagnetickou brzdou hlavního vřetene, což významnou měrou přispívá ke komfortu hrubování závitového šnekového profilu. Stroj má maximální točnou délku 2000 mm a maximální obráběný průměr 500 mm. Maximální průměr obrobku nad suportem je 250 mm. Stroj je vhodný jak pro těžké hrubování, tak i pro přesnější práci např. ve leteckém průmyslu. Jelikož se jedná o konvenční soustruh bez počítačového řízení, proto není tento stroj příliš vhodný pro složitější operace a komplikovanější dílce, to ovšem vychází z jeho koncepce. Samotný válcový šnek se upíná do přípravku pomocí matice a jeho poloha se zajišťuje perem těsným. Poté se následně celý přípravek upne do tříčelistového sklíčidla (obr. 3.6) a na druhém konci podepře otočným hrotem z důvodu stability procesu při obrábění.



Obr. 3.6 upínání přípravku a válcového šneku na soustruhu.

Nejprve se zubová mezera ortogonálně hrubuje zapichovacím způsobem už zmíněným upraveným Poldi Radecem. Po několika průjezdech na předem volenou hloubku (obvykle 2 mm) následně se vyhrubovaná drážka rozjíždí do stran, nejprve vlevo potom vpravo. Rozjíždění se provádí z důvodu jemnějšího krokování pouze krátkým podélným suportem. Další dráha se opět ortogonálně zapichuje ve středu zubové mezery o hodnotu hloubky záběru. Poté se opět rozjíždí drážka nejprve vlevo potom vpravo, ovšem tyto hodnoty musí být již posunuty směrem do středu o hodnotu úhlu záběru válcového šneku, tak se postupuje až se dosáhne hloubky velikosti patního průměru. Tento rozměr není totiž potřeba dokončovat, navíc to není ani kopírovacím nožem, který se používá na dokončení profilu, možné. Dle stávající technologie výroby šnekového závitového profilu se žádný nástroj (soustružnické nože) nevykláněl ani nevytáčel. Vzhledem k tomu že se nástroje nevykláněly bylo potřeba nástrojové držáky do značné míry odlehčit a uvolnit, aby bylo možné s nimi profil šneku vyrobit. To má za následek zřetelné snížení tuhosti soustavy (snop), stroj, nástroj, obrobek, přípravek. Nástroj používaný pro dokončování šnekového profilu má vrcholový úhel špičky 35° . Tento nástroj se žádným způsobem nevykláněl ani nevytáčel a byl tudíž upnut rovnoběžně s nástrojovou nožovou hlavou kolmo na podélnou osu obrábění. Díky tomu docházelo ke zkreslení šnekového profilu na obou jeho stranách o $2,5^\circ$, jelikož úhel záběru válcového šneku je 15° .

Hrubování i dokončování probíhá za poměrně nízkých otáček, přesto že se jedná o automatovou ocel s výbornou obrobiteľností. Otáčky pro obrábění šneku se pohybují v rozmezí od 96 do 120 ot/min. Nízké otáčky jsou voleny z důvodu nebezpečí kolize nástroje s vřetenem nebo právě se zubovou mezerou hrubovaného šneku. Nutno

podotknout, že se jedná o ruční příjezd o odjezd nástroje z řezu a zpět do řezu. Proto záleží především na zručnosti seřizovače stroje, v jaké kvalitě a za jaký čas bude daný šnek vyroben.

4 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE VÝROBY

Následující kapitola bude mít za cíl nový návrh výrobní technologie válcového šneku včetně nových navržených nástrojů, které by měly být daleko efektivnější a kompletní přepracování stávající výrobní dokumentace. Konkrétně původního výrobního výkresu, který je proveden v jiném standardu, než vyžadují zavedené zvyklosti a naše současné normy. Dále budou přepracovány technologické postupy používané v současnosti v dané společnosti, za účelem zefektivnit samotnou výrobu válcového šneku a zpracována detailnější dokumentace výroby. V závěru této kapitoly budou představeny dva nové obráběcí stroje. Stroj DMG MORI NLX 2500MC/700 bude stručně popsán, poněvadž na tomto stroji probíhal pokus výroby válcového šneku v laboratořích VŠB, na katedře obrábění v Ostravě Porubě. Druhý stručně popsáný stroj bude Challenger SA55/2000, který má k dispozici společnost Fornax Strážnice ve své obrobě. Na tomto stroji by společnost v budoucnosti chtěla vyrábět všechny možné varianty válcových šneků.

4.1 Výkresová dokumentace

Stávající výrobní dokumentace je velmi nepřesná neúplná a mnoho krát upravovaná. Navíc je značně poznamenaná časem. Kromě toho neexistuje žádný originál. Nespočet úprav ve výrobním výkrese šneku se prováděl kvůli střídajícím se dodavatelům a velmi nízké kvalitě litinových převodových stojánků. Výrobci odlitků jinak vycházejí z dřevěných modelů stojánků, které následně zaformují do pískových forem. Přesto se jednotlivé odlitky od sebe velmi lišily. Proto byl vybrán jeden dodavatel, který poskytoval odlitky ve vyhovující jakosti, jak materiálové, tak i po stránce přesnosti rozměrů a geometrických odchylek tolerancí.

V tomto odstavci se pokusím stručně popsat odstraněné a přepracované nalezené chyby ve výrobním výkrese. Výčet nalezených chyb byl podrobně vysvětlen a popsán v předcházejících kapitolách. Bylo nutné přepočítat hloubku zubu dle nových platných norem, tím pádem hloubka na jeden zub vrostla o 0,72 mm což při sestavování a chodu šnekové převodovky je citelně znát. Jedná se především o navýšení hlavové vůle, která je

pro správnou funkci šnekových soukolí nesmírně důležitá. Dále bylo zapotřebí přepočítat velikost rozteče jednotlivých zubů. Dle správného výpočtu $\pi \cdot m$ je hodnota rozteče 25,13 mm. Podle platných výpočtů pro ozubení o hodnotě modulu 8 musí být šířka zubové mezery 12,56 a tloušťka zubu 12,56 mm. Všeobecně u ozubení platí že tloušťka zubu musí být stejná, jak šířka zubové mezery. V rohovém razítku pro ozubení byla uvedena hodnota stoupání $5^\circ 30'$, která je mylná a správná hodnota pro modul 8 je $5^\circ 12'$.

4.2 Návrh nástrojů pro novou technologii výroby závitového profilu



Obr. 4.2. Nové použité nástroje včetně úhlové podložky

Standardní běžně dostupné normalizované nástroje bez jakéhokoliv zásahu do jejich konstrukce nelze použít pro výrobu tak velkého stoupání a s tak velkou hloubkou profilu závitu. Proto bylo nutné vytypovat vhodného výrobce, který nabízí co možná nejtužší provedení nástrojových držáků, které lze následně libovolně vhodně upravit, aby bylo možné produktivně danou součástku vyrobit. Jako nejvhodnější z několika možných výrobců se ukázala firma WMT. Aby bylo možné vyrobit úpravy na držácích jak pro hrubování, tak i pro dokončování, bylo nezbytně nutné vymodelovat 3 D model šneku včetně jeho závitového profilu, taktéž i nástrojové držáky. Následně se musí nástroje včetně jejich vyměnitelných břitových destiček správně nasimulovat do řezu v 3 D modelu šneku. Jedině tak je možné z modelu odměřit úpravy, které je potřeba na držácích udělat.

Pro hrubování byl použit zapichovací radiální monolitní držák 3225P-GX 24 se systémem upínání břitové destičky MonoClamp, s šířkou zapichovací desky 6 mm, který je nutné naklonit pod $7,3^\circ$ do profilu šneku. Doporučená řezná rychlost V_c je pro danou břitovou desku a automatovou ocel $=130 \text{ m/min}$. Hloubka třísky $a_p = 0,5 \text{ mm}$. Posuv je dán stoupáním šneku čili $25,13 \text{ mm/ot}$. Pro dokončování byl zvolen kopírovací držák s upínacím šroubem Isoclamp – SVVC $72,5^\circ$ s vyměnitelnou břitovou deskou VCMT 16. Doporučená řezná rychlost v_c pro břitovou desku VCMT 16 je 180 m/min , boční úběr max. $0,5 \text{ mm}$. Tento nástroj je opět potřeba naklonit pod $7,3^\circ$ a navíc vytočit o $2,5^\circ$, aby břit vyměnitelné desky přesně kopíroval stěnu profilu, tím pádem je zaručen úhel záběru šneku 15° . Přesto že oba výše uvedené stroje mají revolverové nástrojové hlavy určené pro upínání kvadratických držáků o průřezu $25 \times 25 \text{ mm}$, bylo nutné zajistit nástroje o větším průřezu $32 \times 25 \text{ mm}$, aby bylo možné udělat na držácích potřebné úpravy. Hrubovací soustružnický zapichovací nůž bylo potřeba pouze vyklonit pod úhlem $7,3^\circ$. Stoupání šneku je ovšem pouze $5^\circ 12'$, je ale zapotřebí dodržet minimální potřebný úhel vedlejšího hřbetu, aby nedocházelo ke zadírání hřbetní plochy po obrobené ploše, proto byl zvolen úhel odklonu právě $7,3^\circ$. Nástroje dodané firmou WMT byly klasické konstrukce obdélníkového průřezu $32 \times 25 \text{ mm}$. Úpravy proto probíhaly svépomocí na katedře obrábění v laboratořích na pětiosém frézovacím centru. (obr. 4.2.1). Držáky byly upnuty do klasického strojního svěráku a následně se naklonil stůl obráběcího centra o požadovaný úhel. Jako první plocha se ofrézovala vrchní strana nástrojového držáku a to, tak že na jeho levém boku se zabral nulový dotek a zbylá plocha se opracovala na požadovaný úhel. Poté zbývalo už jen držáky otočit ve strojním svěráku o 180° a do frézovat držák na požadovanou výšku 25 mm , které je důležitá, kvůli upnutí v revolverové hlavě stroje. Dokončovací kopírovací nástroj se opracoval naprosto shodným způsobem

jako hrubovací. Navíc u tohoto nástroje bylo zapotřebí jej ještě vytočit o $2,5^\circ$, jak bylo popsáno výše. Vytočení lze realizovat dvěma možnými způsoby, a to buď mít k dispozici dva shodné držáky, které se následně upraví, tím že na boku nástroje se ofrézuje úkosová plocha o úhlu $2,5^\circ$, pro dokončování pravého profilu směrem od vyměnitelné břitové desky a pro dokončování levého profilu směrem k vyměnitelné břitové desce. Pro tento případ je nutné mít dva nástrojové držáky a dvě vyměnitelné břitové desky. Kromě toho je nutné v průběhu dokončování šnekového profilu udělat výměnu a zaměření druhého nástroje. Tento způsob se později ukázal jako neekonomický, proto byla navržena jiná varianta. Ta spočívala ve výrobě jedné úhlové podložky viz. (obr. 4.2) vlevo. Výrobní výkres úhlové podložky je přiložen v přílohách. Tato podložka se upne společně s nástrojem a přiloží se



k čelu revolverové nástrojové hlavy, tím zajistí přesné pootočení nástroje při dokončování.

Obr. 4.2.1. Úprava držáků na pětiosém frézovacím centru

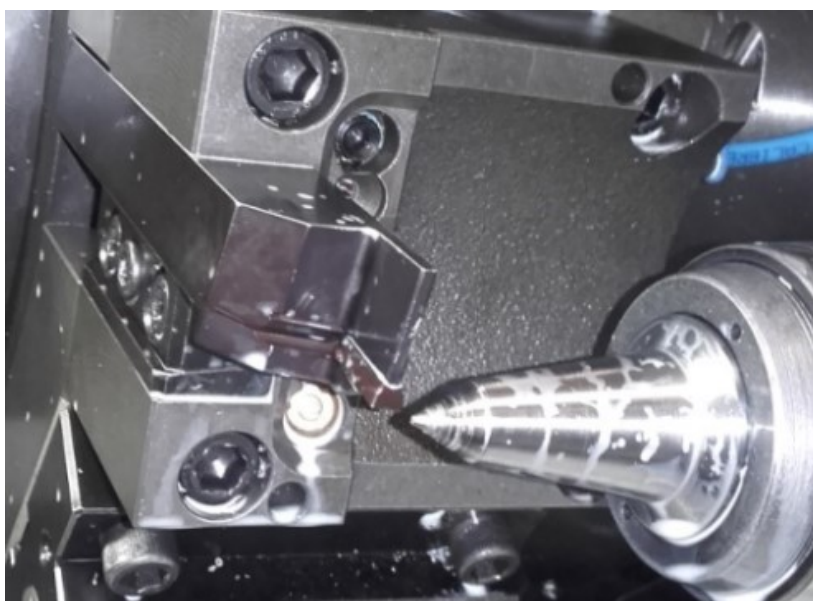
Pro dokončování vedlejšího boku zubového se úhlová podložka pouze otočí o 180° a nástroj se tím pádem musí znovu zaměřit. Při upínání dokončovacího nástroje je nutné dbát na to, aby boční plocha nástrojového držáku ideálně seděla na úkosové podložce a ta zase na boční ploše revolverové hlavy. Tato varianta je jednodušší pro seřizovače stroje a vychází i mnohem ekonomičtěji a je i méně časově náročná. Po veškerých úpravách na držácích a po upnutí nástrojů do stroje před samotným obráběním bylo zapotřebí zkontrolovat jejich výšku břitu na osu soustružení. (obr. 4.2.2). Při této kontrole bylo zjištěno že ani jeden z nástrojů není v ose soustružení (jsou všechny pod osou), což je pro

obrábění zcela nežádoucí. Tato kontrola nám ovšem neřekne přesně o jakou hodnotu jsou nástroje posunuty pod osou soustružení.



Obr. 4.2.2 kontrola nástrojů na osu obrábění

Proto bylo zapotřebí nástroje demontovat ze stroje a zjistit přesnou hodnotu o kterou jsou nástroje posunuty. Pro toto měření se jako zcela vhodná ukázala obrobková sonda na CNC obráběcím centru. Teprve při měření obrobkovou sondou byly zjištěny přesné hodnoty, o které je nutná nástrojové držáky snížit. U hrubovacího nástroje činila hodnota 3,59 mm a u dokončovacího 2,17 mm. Poté byly nástroje opět upnuty na obráběcím centru a ofrézovány ze spodní plochy (základny) o naměřené hodnoty. Držáky je nutné před upnutím do revolverové nástrojové hlavy důkladně odjehlit. Nástroje je opět nutno zkontrolovat výškově v ose soustružení (obr. 4.2.3). Kontrola potvrdila správné ustavení obou soustružnických nožů.



Obr. 4.2.3 kontrola nástroje na osu obrábění

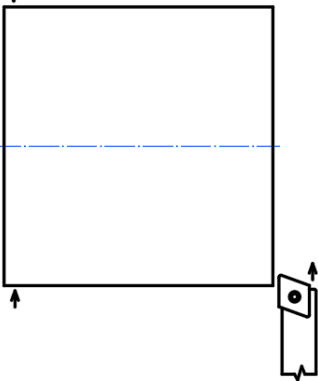
Kvůli tomu že ani jeden z nástrojů nemá po úpravě čtvercový kvadratický průřez držáku 25 x 25 mm je nutné mezi nástroj a upínací klín v revolverové hlavě vložit distanční podložku o velikosti takové, aby součet podložky a držáku dal 25 mm. Teprve za těchto podmínek lze nástroj bezpečně upnout.

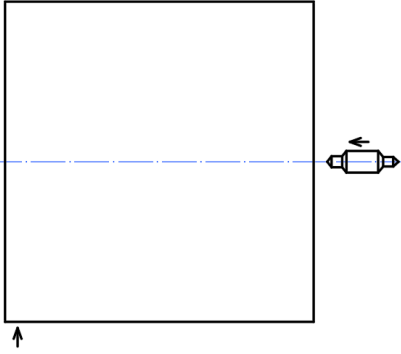
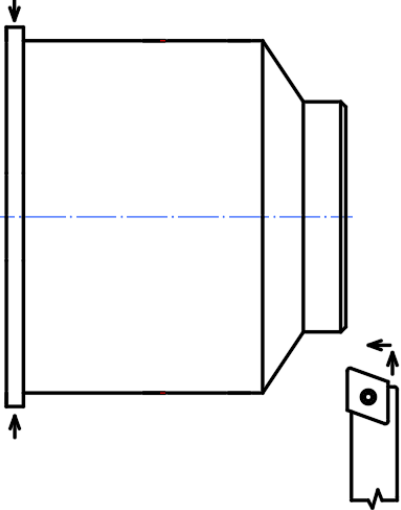
4.3 Technologický postup

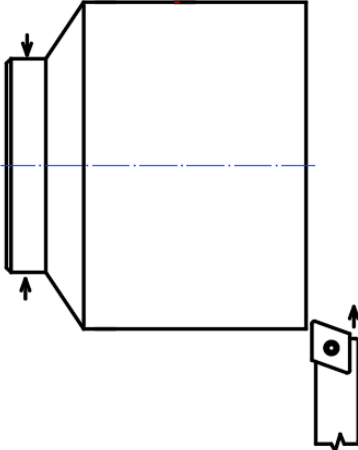
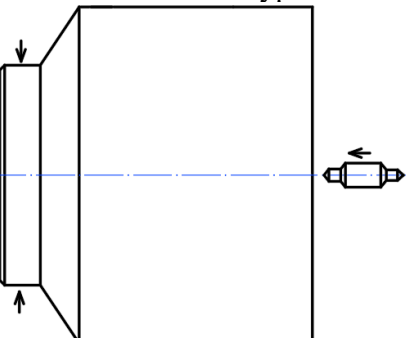
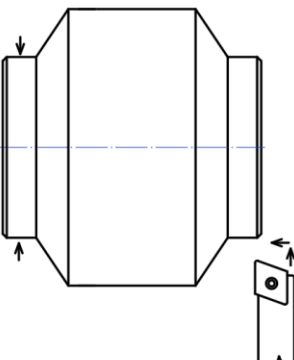
Technologický postup spadá mezi nejdůležitější části TPV dokumentů. Měl by obsahovat veškeré důležité údaje, které jsou zapotřebí pro zpracování výroby. Jeho vypracování zpravidla tvoří technologičtí pracovníci. Zpracování probíhá na základě různých požadavků: konstrukční náročnosti, sériovost a opakovatelnost výroby, tvarové náročnosti dílce, v neposlední řadě podle úrovně mechanizace a automatizace výrobního procesu [15].

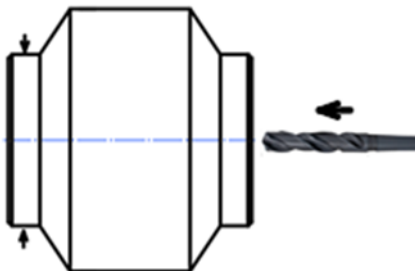
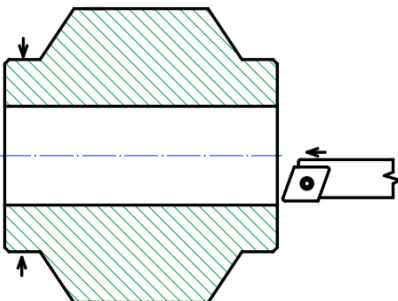
Je zapotřebí určit počet operací, který je závislý opět na konstrukční náročnosti, opakovatelnosti, materiálu obrobku a typu polotovaru. Dále stanovit posloupnost jednotlivých operací, u kterých je kladen nárok na: kvalitu výroby, minimální spotřebu energie, práce a času. V samotných technologických procesech je nutné dodržovat obecné zásady, které úzce souvisí s obráběcími procesy. Zpracovaný výrobní postup musí být naprosto srozumitelný, technicky stručný, jednoznačný a musí zcela vystihovat jednotlivé operace.

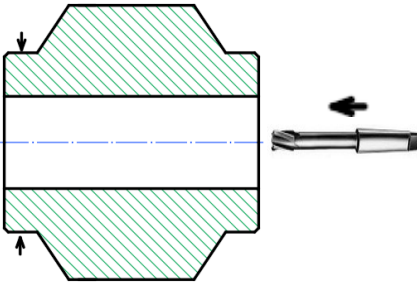
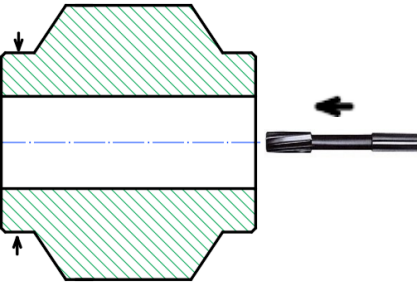
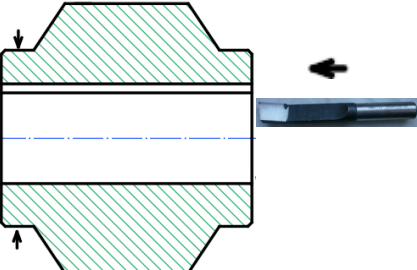
4.4 Stávající technologický postup

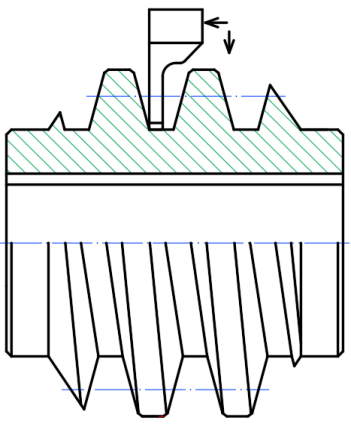
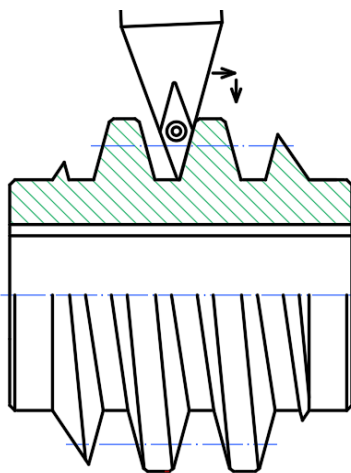
Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti: Válcový šnek V-245		Listů : 8		List : 1			
Materiál: 11 109		Polotovar součásti: Ø 110 – 106 ČSN			Č. výkresu: 002					
Hmotnost hrubá: 8,1 kg		Hmotnost čistá: 3,4 kg		Třída odpadu: 003		Výrobní dávka: 20				
Operace	Popis práce Vyobrazení			Nástroje Pomůcky Vyobrazení	Výrobní podmínky					
Pracoviště					f_0/f_z [mm]	a_p [mm]	I	v_c [m • min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	t [min]
1/1 Pásová pila Pilous ARG 300. Mecha- nická dílna 026	Dělení materiálu: - upnout polotovar - řezat na délku L = 106 mm - uvolnit obrobek a očistit od třísek polotovar i čelisti svě- ráku			Svinovací metr ČSN 25 1141 Ocelové pravítko	0,02	-	1	20	-	5
2/1 Univerzální hrotový sou- struh SV 18 RA Obrobna 031	Soustružení čela 1: -upnout obrobek do sklíčidla -vystředit obrobek -zarovnat čelo 1. -uvolnit obrobek ze sklíčidla 			Soustruž- nický nůž Pramet pro vnější sou- stružení SCLCR 2020 VBD s R 0,8 Posuvné měřidlo 0- 160	0,25	1	1	150	450	0,9

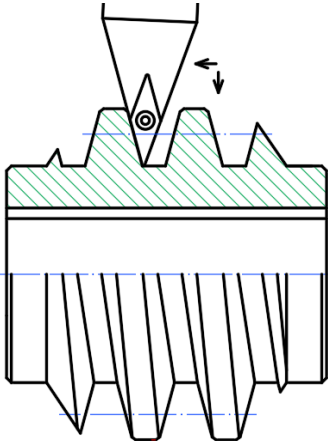
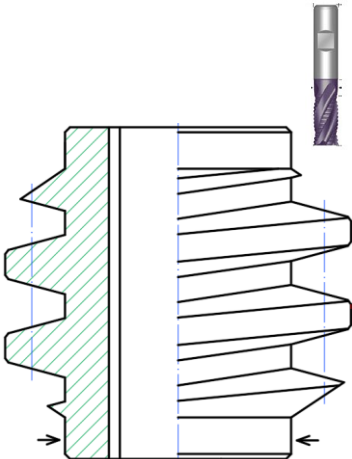
Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti:							
			Válcový šnek V-245				Listů : 8	List :2		
2/2	Univerzální hrotový sou- struh SV 18 RA Obrobna 031	Vrtat středící důlek typu A 	Středící vr- ták typu A 2,5 ČSN 22 1110 Posuvné měřidlo 0- 160	0,07	-	1	30	1800	0,37	
2/3	Univerzální hrotový sou- struh SV 18 RA Obrobna 031	Soustružení: -zapřít součást otočným hrotem -soustružit Ø 104 h12 - 101 -soustružit Ø 68 – 12.5 -soustružit odlehčovací kužel, vytočením nožových saní z Ø 68 na Ø 104 - 14 	Soustruž- nický nůž Pramet pro vnější sou- stružení SCLCR 2020 VBD s R 0,8 Po- suvné měři- dlo 0-160	0,25, 0,25, 0,1	2, 2, 1	3, 18, 9	150, 150, 150	560, 560, 560	20,2	

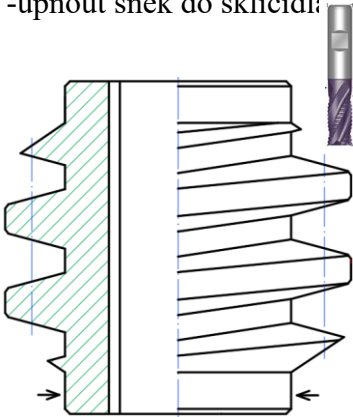
Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti:						
			Válcový šnek V-245		Listů : 8			List :3	
2/4 Univerzální hrotový sou- struh SV 18 RA Obrobna 031	Soustružení: -otočit součást ve sklíčidle -upnout za Ø68-12.5 -zarovnání čela 2 na čistou míru 100 	Soustruž- nický nůž Pramet pro vnější sou- stružení SCLCR 2020 VBD s R 0,8 Po- suvné měři- dlo 0-160	0,25	1	5	150	450	5,4	
2/5 Univerzální hrotový sou- struh SV 18 RA Obrobna 031	Vrtat středící důlek typu A 	Středící vr- ták typu A 2,5 ČSN 22 1110 Posuvné měřidlo 0- 160	0,07	-	1	30	1800	0,37	
2/6 Univerzální hrotový sou- struh SV 18 RA Obrobna 031	Soustružení: -zapřít součást otočným hrotem -soustružit Ø 68 – 12.5 -soustružit odlehčovací kužel, vytočením nožových saní z Ø 68 na Ø 104 - 14 	Soustruž- nický nůž Pramet pro vnější sou- stružení SCLCR 2020 VBD s R 0,8 Po- suvné měři- dlo 0-160	0,25, 0,1	2, 1	18, 9	150, 150	560, 560	20,2	

Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti:				Listů : 8		List :4	
2/7	Univerzální hrotový soustruh SV 18 RA Obrobna 031	Vrtání: - odstranit otočný hrot - vrtat průběžný otvor o Ø 25 mm - vrták upnout pomocí morse redukci do pinoly koníku 	Strojní válcový vrták z rychlořezné oceli o Ø 25 Posuvné měřidlo 0-160 ČSN 25 1238	0,15	-	1	30	381	2,4	
2/8	Univerzální hrotový soustruh SV 18 RA Obrobna 031	Soustružení: -Soustružit předem vyvrtaný průběžný otvor na Ø34,2 	Držák:A 20Q PWLNR 0604K04 Břítová destička WNMG 060404E-FM; T8330 Posuvné měřidlo 0-160	0,18	1	10	190	1732	6,8	

Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti:				Listů : 8		List :5		
2/9 Univerzální hrotový sou- struh SV 18 RA Obrobna 031		Vyhrubování: - vyhrubování soustruženého otvoru - výhrubník upínat na pevno pomocí morse redukce do pi- noly koníku		Strojní vál- cový vý- hrubník Posuvné měřidlo 0- 160 ČSN 25 1238		0,12	1	1	25	227	2,1
											
2/10 Univerzální hrotový sou- struh SV 18 RA Obrobna 031		Vystružování: -Stružit předem vyhrubovaný průchozí otvor -Výstružník upínat do volné hlavy		Strojní vál- cový vý- stružník Ø 35 H7 Válcový ka- libr ČSN 25 1346		0,08	0,4	1	20	181	2,6
											
3/1 Vertikální ob- rážecí stroj TOS OHA 12 A		-Obrázení drážky pro pero v kooperaci.		Obrážecí nůž 10 P9 z rychlo- řezné oceli Koncové měrky		85	0,4	8	55	-	6,9
											

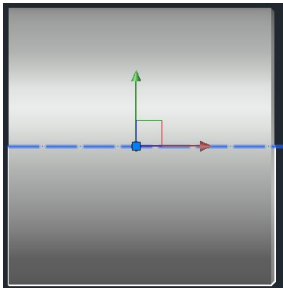
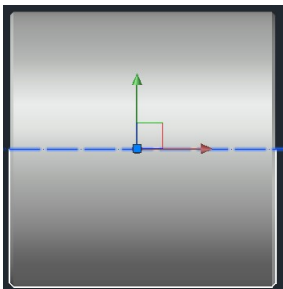
Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti:		Listů : 8			List :6		
4/1	Konvenční hrotový soustruh TOS SU 50 AT Obrobna 031	Soustružení: -hrubování šnekového profilu závitu -upnout polotovar šneku na přípravek. Zajistit polohu šneku perem a maticí. -zapřít přípravek otočným hrotem		Monolitní zapichovací rychlořezná ocel 19 810 (Poldi Radeco)	25,13	0,5	138	19	56	360
4/2	Konvenční hrotový soustruh TOS SU 50 AT Obrobna 031	Soustružení profilu součásti na hotovo: - pro dokončování levého šnekového profilu závitu je nutné vytočit nástroj o 2,5° proti směru hodinový ručiček.		Kopírovací nůž Pramet pro vnější soustružení SVVCN 2525 M 16- M-A VBD 1604	25,13	7	3	31	96	60

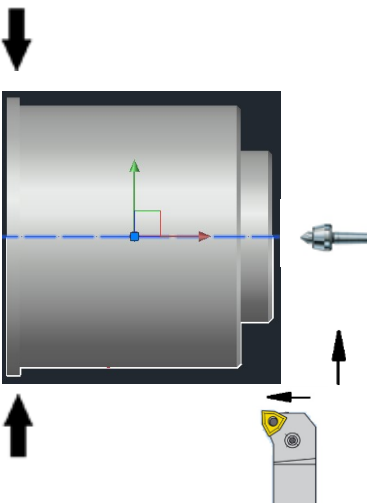
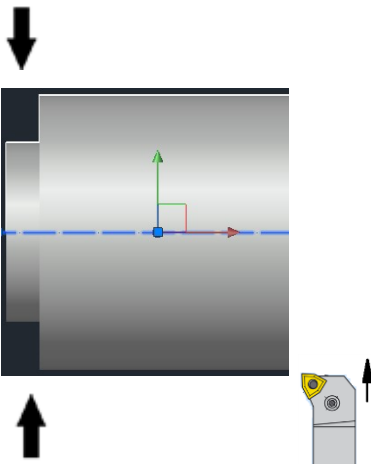
Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti:							
			Válcový šnek V-245		Listů : 8		List :7			
4/3 Konvenční hrotový soustruh TOS SU 50 AT Obrobna 031	Soustružení profilu součásti na hotovo: - pro dokončování pravého šnekového profilu závitu je nutné vytočit nástroj o 2,5° ve směru hodinový ručiček. 	Kopírovací nůž Pramet pro vnější soustružení SVVCN 2525 M 16- M-A VBD 1604	25,13	7	3	31	96	60		
5/1 Konvenční frézka FA 4V Obrobna 031	Frézování: -na stůl konvenční frézky upnout otočný stůl (vystředit) -na otočný stůl upnout univerzální tří čelist'ové sklíčidlo (vystředit) -upnout šnek do sklíčidla 	Stopková fréza s válcovou stopkou o Ø20 ČSN 2221900	180	3	2	45	710	20		

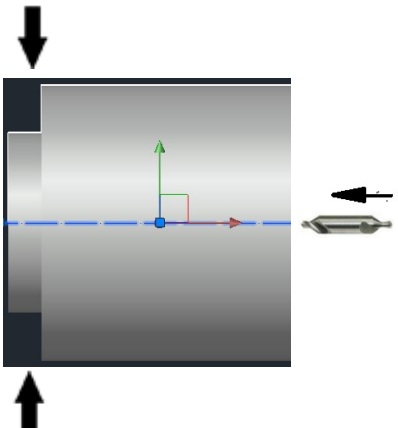
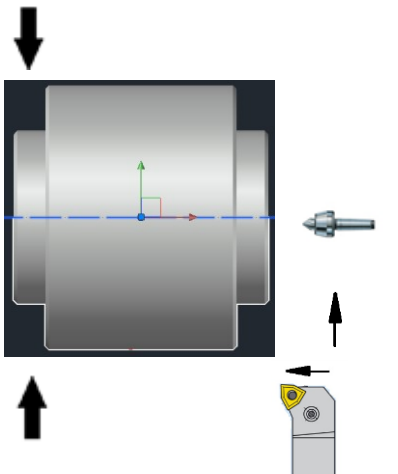
Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti:					
			Válcový šnek V-245		Listů : 8		List :8	
5/2 Konvenční frézka FA 4V Obrobna 031	Frézování: -na stůl konvenční frézky upnout otočný stůl (vystředit) -na otočný stůl upnout univerzální tři čelist'ové sklíčidlo (vystředit) -upnout šnek do sklíčidla 	Stopková fréza s válcovou stopkou o Ø20 ČSN 2221900	180	3	2	45	710	20
6/1 Kontrola	Kontrolovat rozměry dle TD. Vystavit měrový protokol.	Posuvné měřítko ČSN 25 1238Mikro metr ČSN 25 1420						
7/1 Expedice	Konzervovat. Balit dle balícího předpisu. Vystavit doklady pro přepravu.	Konzervačn í olej OPTIMA ANTIRUST 101/103						
8/1 Expedice	Expedovat							

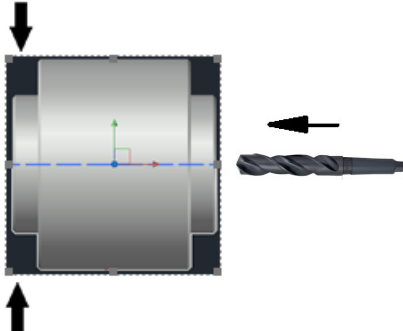
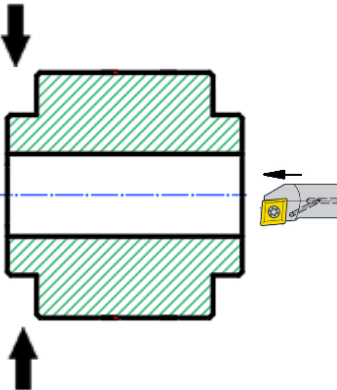
4.5 Navrhovaný technologický postup

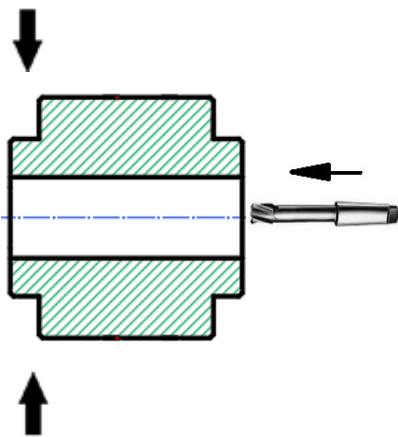
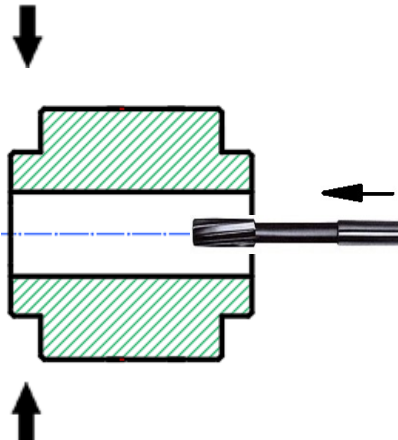
Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti: Válcový šnek V-245				Listů : 12	List :44		
Materiál: 11 109		Polotovar součásti: Ø 110 – 106 ČSN				Č. výkresu: 002				
Hmotnost hrubá: 8,1 kg		Hmotnost čistá: 3,4 kg		Třída odpadu: 003		Výrobní dávka: 20				
Operace	Popis práce Vyobrazení			Nástroje Pomůcky Vyobrazení	Výrobní podmínky					
Pracoviště					f_{ϕ}/f_z [mm]	a_p [mm]	I	v_c [m • min ⁻¹]	n [min ⁻¹]	t [min]
1/1 Pásová pila Pilous ARG 300. Mecha- nická dílna 026	Dělení materiálu: - upnout polotovar - řezat na délku L = 106 mm - uvolnit obrobek a očistit od třísek polotovar i čelisti svě- ráku			Svinovací metr ČSN 25 1141 Ocelové pravítko	0,02	-	1	20	-	5

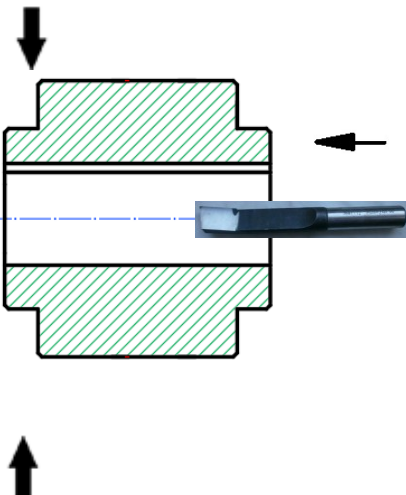
Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti: Válcový šnek V-245		Listů : 12		List :2		
2/1	Soustruh Challenger SA 55/2000 CNC Obrobna 031	Soustružení čela 1: - upnout obrobek do sklíčidla - na doraz - vystředit obrobek - zarovnat čelo 1. - srazit hranu - povolit čelist, vytáhnout 	Držák: PWLNR 2525K08 Břitová des- tička WNMG080 408E- M,T9325 Posuvné měřidlo 0- 160 ČSN 25 1238	0,22	1	1	190	581	0,7
2/2	Soustruh Challenger SA 55/2000 CNC Obrobna 031	- vrtat středící důlek typu A 	Středící vr- ták typu A 2,5 ČSN 22 1110 Posuvné měřidlo 0- 160 ČSN 25 1238	0,07	-	1	30	1800	0,37

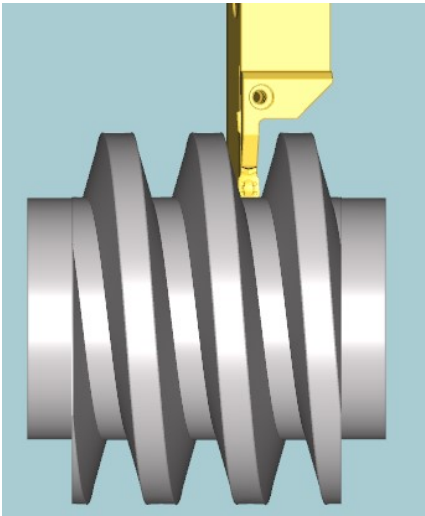
Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti:			Listů : 12		List :3						
2/3	<p>Soustruh Challenger SA 55/2000 CNC Obrobna 031</p>	<p>- zapřít součást otočným hrotem</p> <p>- soustružit Ø 104 h12-101</p> <p>- soustružit Ø 68–12.5</p> <p>- srazit hrany</p> 	<p>Držák: PWLNR 2525K08</p> <p>Břitová des- tička WNMG080 408E- M,T9325</p> <p>Posuvné měřidlo 0- 160 ČSN 25 1238</p>	0,22	0,22	2	2	318	190	190	581	581	3,3	5,2
2/4	<p>Soustruh Challenger SA 55/2000 CNC Obrobna 031</p>	<p>Soustružení:</p> <p>- zarovnání čela 2 na čistou míru 100</p> <p>- srazit hranu</p> 	<p>Držák: PWLNR 2525K08</p> <p>Břitová des- tička WNMG080 408E- M,T9325</p> <p>Posuvné měřidlo 0- 160 ČSN 25 1238</p>	0,22		1		1		190		581		3,5

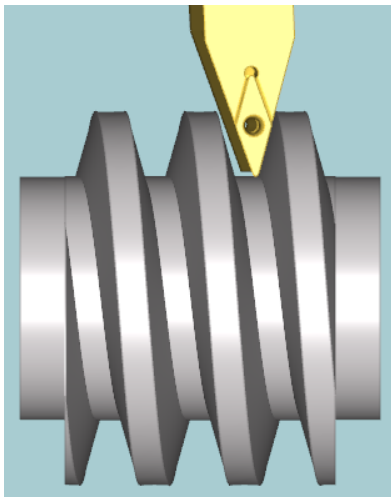
Výrobní postup	VŠB-TUO	Název součásti:					Listů : 12		List :4	
2/5 Soustruh Challenger SA 55/2000 CNC Obrobna 031	Vrtání: - upnout za Ø 68, zapřít součást o osazení - vrtat středící důlek typu A 	Středící vrták typu A 2,5 ČSN 22 1110 Posuvné měřidlo 0- 160 ČSN 25 1238	0,07	.	1	30	1800	0,37		
2/6 Soustruh Challenger SA 55/2000 CNC Obrobna 031	Soustružení: - Zapřít součást otočným hrotem - soustružit 2. osazení na Ø68 – 12.5 - srazit hrany - srazit hrany 	Držák: PWLNR 2020K08 Břítová destička WNMG080 408E- M,T9325 Posuvné měřidlo 0- 160 ČSN 25 1238 Otočný hrot RÖHM 22126020	0,22	2	18	190	581	5,2		

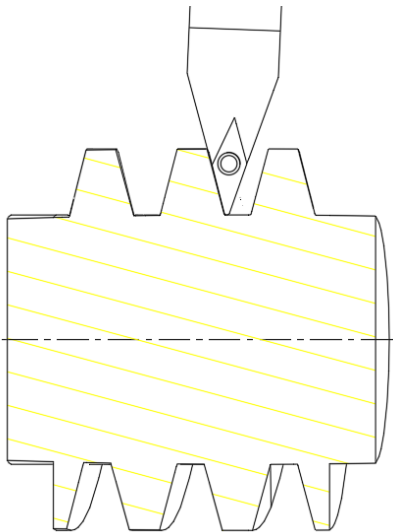
Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti:							
			Válcový šnek V-245		Listů : 12		List :5			
2/7	<p>Soustruh Challenger SA 55/2000 CNC Obrobna 031</p>	<p>Vrtání:</p> <ul style="list-style-type: none">- odstranit otočný hrot- vrtat průběžný otvor o Ø 25 mm- vrták upnout pomocí morse redukci do pinoly koníku 	<p>Strojní válcový vrták z rychlořezné oceli o Ø 25</p> <p>Posuvné měřidlo 0-160 ČSN 25 1238</p>	0,15	-	1	30	381	2,4	
2/8	<p>Soustruh Challenger SA 55/2000 CNC Obrobna 031</p>	<p>Soustružení:</p> <ul style="list-style-type: none">-Soustružit předem vyvrtaný průběžný otvor na Ø34,2 	<p>Držák: A 20Q PWLNR 0604K04</p> <p>Břítová deska WNMG 060404E-FM; T8330</p> <p>Posuvné měřidlo 0-160 ČSN 25 1238</p>	0,18	1	1	190	1732	1,9	


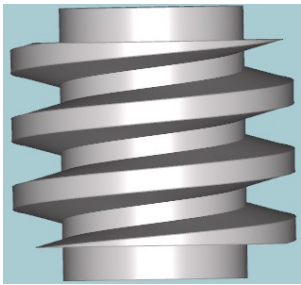

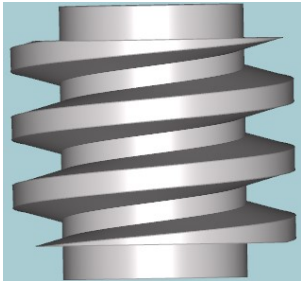
Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti:		Listů : 12		List :6		
2/9	<p>Soustruh Challenger SA 55/2000 CNC Obrobna 031</p>	<p>Vyhrubování:</p> <ul style="list-style-type: none"> - vyhrubování soustruženého otvoru - výhrubník upínat na pevno pomocí morse redukce do pinoly koníku 	<p>Strojní válcový výhrubník</p> <p>Posuvné měřidlo 0- 160 ČSN 25 1238</p>	0,12	1	1	25	227	2,1
2/10	<p>Soustruh Challenger SA 55/2000 CNC Obrobna 031</p>	<p>Vystružování:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Stružit předem vyhrubovaný průchozí otvor -Výstružník upínat do volné hlavy 	<p>Strojní válcový výstružník Ø 35 H7</p> <p>Válcový kalibr ČSN 25 1346</p>	0,08	0,4	1	20	181	2,6

Výrobní postup	VŠB-TUO	Název součásti:						
		Válcový šnek V-245						
			Listů : 12	List :7				
3/1 Konvenční fré- zka FA 4V Obrobna 031	- na stůl konvenční frézky up- nout do horizontální polohy dělicí přístroj - na dělicí přístroj upnout uni- verzální tři čelist'ové sklíčidlo o Ø 160. - obrobek upnout za Ø 68 a opřít o osazení 12,5 - obrážecí nůž upnout do ná- strojového držáku, který se upne vodorovně na vřeteno stroje	Obrážecí nůž 10 P9 z rychlo- řezné oceli Koncové měrky Posuvné měřidlo 0- 160 ČSN 25 1238	40	0,4	8	55	-	7,9
								

Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti:		Listů : 12			List :8	
4/1	Soustružení:		Monolitní	25,13	0,2	270	130	397	12
Soustruh	- válcový šnek upnout na přípravek, zajistit proti posunu a pootočení maticí a perem.		zapichovací držák vnější						
Challenger SA	-přípravek upnout za rovinné plochy do sklíčidla		E32L0021-3225P-						
55/2000 CNC	- hrubování šnekového profilu závitu		GX24-3						
Obrobna 031	- je zapotřebí použít upraveného držáku (ofrézovaný do úhlu stoupání šneku)		Zapichovací břitová des- tička						
	- nástrojový držák dorazit na upínací plochu revolverové hlavy		GX24-4E6.00N0.5						
			0 HCR1335						
			Posuvné měřidlo						
			0-160 ČSN						
			25 1238						
			Zuboměr						
									

Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti:							
			Válcový šnek V-245				Listů : 12		List :9	
4/2	Soustružení profilu součásti na hotovo:		Iso clamp soustružnický držák vnější SVVCN 3225 P16 Tk soustružnická deska VCMT 160408EN-ZM HCR1135 Posuvné měřidlo 0-160 ČSN 25 1238 Zuboměr	25,1	5	4	180	550	3,1	
Soustruh Challenger SA 55/2000 CNC Obrobna 031	<ul style="list-style-type: none">- dokončování pravého šnekového profilu závitu- je zapotřebí použít upraveného držáku (ofrézovaný do úhlu stoupání šneku)- mezi nástrojovou hlavu a nástrojový držák vložit úhlovou podložku. (výkres č. 003A)-pro dokončování pravého profilu závitu je nutné mít úhlovou podložku užší stranou směrem k břitové desce. 									

Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti:		Listů : 12			List :530	
4/3	Soustružení profilu součásti na hotovo:		Iso clamp soustružnický držák vnější	25,1	5	4	180	550	3,1
Soustruh Challenger SA 55/2000 CNC Obrobna 031	<p>- dokončování levého šnekového profilu závitu</p> <p>- je zapotřebí použít upraveného držáku (ofrézovaný do úhlu stoupání šneku)</p> <p>- mezi nástrojovou hlavu a nástrojový držák vložit úhlovou podložku. (výkres č. 003A)</p> <p>-pro dokončování levého profilu závitu je nutné mít úhlovou podložku širší stranou směrem k břitové desce.</p>		SVVCN 3225 P16						
			Tk soustružnická deska VCMT 160408EN-ZM						
			HCR1135						
			Posuvné měřidlo 0-160 ČSN 25 1238						
			Zuboměr						
									

Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti:							
			Válcový šnek V-245				Listů : 12		List :541	
5/1	Frézování: - na stůl CNC frézky upnout tří-čelist'ové sklíčidlo, pomocí dvou upínek - šnek upnout za Ø 68, opřít o osazení. - ofrézovat ¼ náběhu závitu	 	Stopková fréza s válcovou stopkou o Ø20 ČSN 2221900	1400	1	5	190	3023	8,4	
5/2	Frézování: - šnek otočit ve sklíčidle o 180 ° - ofrézovat ¼ náběhu závitu	 	Stopková fréza s válcovou stopkou o Ø20 ČSN 2221900	1400	1	5	190	3023	8,4	

Výrobní postup		VŠB-TUO	Název součásti: Válcový šnek V-245		Listů : 9			List :552	
6/1 Kontrola	Kontrolovat rozměry dle TD. Vystavit měrový protokol.		Posuvné měřítko ČSN 25 1238 Mikrometr ČSN 25 1420						
7/1 Expedice	Konzervovat. Balit dle balícího předpisu. Vystavit doklady pro přepravu		Konzervačn í olej OPTIMA ANTIRUST 101/103						
8/1 Expedice	Expedovat								

5 ZÁVĚR

Zásadním cílem této bakalářské práce byl návrh nové výroby vybraných součástí zvedacího mechanismu vodních stavidel. Při analýze s výrobcem vyplynul požadavek na optimalizaci výroby válcového šneku převodové skříně vodního stavidla. A to z těchto důvodů:

- Nevhodná kombinace materiálů šnekového kola a šneku (litina – litina)
- Zásadní konstrukční nedostatky válcového šneku
- Chyby ve výrobní dokumentaci
- Neúměrně dlouhé výrobní časy válcového šneku vůči ceně samotného výrobku
- Technologické potíže při výrobě válcového šneku

Proto se bakalářské práce zaměřila na kompletní návrh nové technologie výroby válcového šneku za využití CNC strojů.

Dále jsem provedl ekonomické zhodnocení stávající a nové navrhované technologie výroby válcového šneku. Z porovnání tabulek 1.4 a 1.5 je zřetelně vidět výhodnost navrhované technologie výroby šneku oproti výrobě na klasických konvenčních obráběcích strojích. CNC stroje přináší nesrovnatelně nižší výrobní časy a tím také i značnou finanční úsporu výrobních nákladů.

Ekonomické zhodnocení jsem provedl porovnáním výsledných kalkulací stávající (Tab 1.4) a navrhované technologie (Tab 1.5). Kalkulace jsou vypočteny pro dávku 20 ks.

Tab.1.4 Kalkulace stávající technologie

Položka kalkulace	MJ	Počet	Cena MJ	Cena celkem 1ks	Cena celkem dávka
Materiál	kg	7,85	24,50	192,33	3 846,50
Řezání	min	5,00	360,00	30,00	600,00
Soustruh	min	480,00	450,00	3 600,00	72 000,00
Frézka	min	60,00	450,00	450,00	9 000,00
Mechanik	min	30,00	350,00	175,00	3 500,00
Nástroje	ks	1,00	4 500,00	225,00	4 500,00
Kooperace	ks	1,00	350,00	350,00	7 000,00
Doprava	ks	1,00	150,00	150,00	150,00
CELKEM	Kč			5 172,33	100 596,50

Tab.1.5 Kalkulace navrhované technologie

Položka kalkulace	MJ	Počet	Cena MJ	Cena celkem 1ks	Cena celkem dávka
Materiál	kg	7,85	24,50	192,33	3 846,50
Řezání	min	5,00	360,00	30,00	600,00
CNC soustruh	min	15,00	840,00	210,00	4 200,00
CNC frézka	min	10,00	840,00	140,00	2 800,00
Mechanik	min	30,00	350,00	175,00	3 500,00
3D model	ks	1,00	1 500,00	75,00	1 500,00
CNC Program	ks	1,00	1 500,00	75,00	1 500,00
Nástroje	ks	1,00	5 900,00	295,00	5 900,00
Přípravky	min	180,00	840,00	126,00	2 520,00
Kooperace	ks	1,00	350,00	350,00	7 000,00
Doprava	ks	1,00	150,00	150,00	150,00
CELKEM	Kč			1 818,33	33 516,50

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PÍŠKA, Miroslav et al. *Speciální technologie obrábění*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009, 247 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
- [2] ČERNÝ, Michal. *Optimalizace výroby součástí "šnekový hřídel"*. Brno, 2014. Diplomová práce. VUT Brno.
- [3] ČSN 01 4750. *Šnekové převody - Geometrie profilů šneku*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [4] KŘÍŽ, Rudolf. *Stavba a provoz strojů II.*, Praha : SNTL, 1978, 174 s. 04-223-78.

7 SEZNAM PŘÍLOH

1. Výkres č. 002 Šnek V – 245 – Model
2. Výkres č. 003A Upínací podložka